

DISEÑO DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PARA EL PROCESO DE
MOLIENDA
INGENIO PROVIDENCIA S.A.

MARCO JAVIER ACOSTA NIETO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2008

DISEÑO DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA PARA EL PROCESO DE
MOLIENDA
INGENIO PROVIDENCIA S.A.

MARCO JAVIER ACOSTA NIETO

Pasantía para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

Director
HELMER MUÑOZ VALDERRAMA
Ingeniero Electricista
Especialista en Automatización Industrial

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2008

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

Ing. Adolfo Ortiz Rosas

Jurado

Ing. Helmer Muñoz Valderrama

Director

Santiago de Cali, 28 de Enero de 2008

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mis padres por haber creído en mí y haber hecho los más imposibles esfuerzos y sacrificios para darme la oportunidad de lograr un título profesional.

Gracias al ingeniero Luis Fernando López Guerrero, por su incondicional apoyo dentro de las instalaciones del Ingenio Providencia S.A.

Especiales agradecimientos a Josué Farley López Carvajal, por el apoyo incondicional que me brindó día a día para que este proyecto saliera adelante, mucha suerte en su carrera profesional y su vida laboral.

Gracias a Diana Miley Gómez Castañeda, por su apoyo y aporte en la realización de este informe.

Agradezco también a la Universidad Autónoma de Occidente por la educación brindada y al Ingenio Providencia S.A. por permitir el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	15
1.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2. ANTECEDENTES	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. PROCESO DE MOLIENDA	18
5. PLANEACIÓN DEL PROYECTO	21
5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
5.1.1. Antiguo sistema de control, tecnología S5.	21
5.1.2. Actual sistema de control, tecnología S7.	23
6. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.	26
6.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.	25
6.2. GENERACION DE CONCEPTOS	26
6.2.1. Descomposición funcional	26
6.2.2. Descripción de conceptos	30
6.3. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	33

6.4. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	35
6.4.1. Interacción entre los elementos físicos.	35
6.5. DISEÑO INDUSTRIAL	36
6.5.1. Valoración del diseño industrial.	36
6.6. DISEÑO DETALLADO	38
6.6.1. Configuración inicial del software.	38
6.6.2. Descripción de herramientas usadas.	44
6.6.3. Configuración de la red de dispositivos.	50
6.6.4. Descripción de los TAG's.	57
6.6.5. Diseño de las pantallas.	60
7. CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFIA	83
ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Protocolos de comunicación, tecnología S5.	22
Tabla 2. Protocolos de comunicación, tecnología S7.	24
Tabla 3. Identificación de las necesidades.	26
Tabla 4. Valores de selección.	33
Tabla 5. Matriz de evaluación.	33
Tabla 6. Elementos físicos y sus funciones.	35
Tabla 7. Estructura de variables PID.	39
Tabla 8. Dirección DP1 y DP2 de los dispositivos descentralizados.	54
Tabla 9. Dirección DP3 de los dispositivos descentralizados.	55
Tabla 10. Dirección DP4 de los dispositivos descentralizados.	56
Tabla 11. Prefijos de TAG's usados.	57
Tabla 12. Señales de ventana estado turbina molino 4.	70
Tabla 13. Alarmas actuales para el proceso de molienda por cada molino.	79
Tabla 14. Otras alarmas para el proceso de molienda.	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema básico de un molino.	19
Figura 2. Esquema básico de reductores de velocidad.	20
Figura 3. Arquitectura de control, tecnología S5.	22
Figura 4. Arquitectura de control, tecnología S7.	24
Figura 5. Módulos descentralizados, ET 200 S y SIMOCODE PRO.	25
Figura 6. Cable de comunicación descentralizada PROFIBUS – DP.	25
Figura 7. Diagrama de caja negra.	27
Figura 8. Diagrama de descomposición Funcional.	28
Figura 9. Subsistemas de adquisición y envío de datos.	28
Figura 10. Subsistema de interfaz gráfica.	29
Figura 11. Diagrama concepto A.	30
Figura 12. Diagrama concepto B.	31
Figura 13. Diagrama concepto C.	32
Figura 14. Interacción entre los elementos.	35
Figura 15. Naturaleza del producto.	37
Figura 16. WinCC.	38
Figura 17. WinCC Explorer.	41
Figura 18. Configuración driver para comunicación.	41
Figura 19. Os Project Editor.	42

Figura 20. Nombre y contraseña.	43
Figura 21. Configuración de privilegios.	43
Figura 22. Entorno Graphics Designer.	44
Figura 23. Ventana de propiedades.	45
Figura 24. Global Script VBS.	46
Figura 25. Alarm Logging.	47
Figura 26. Configuración de alarmas.	48
Figura 27. Clasificación de alarmas.	48
Figura 28. Barra de alarmas.	48
Figura 29. ActiveX Online Trend Control, históricos.	49
Figura 30. Red de industrial Ethernet.	50
Figura 31. Propiedades equipo Supervisor WinCC.	51
Figura 32. Propiedades equipo Supervisor IFIX	51
Figura 33. Red PROFIBUS-DP1, ET 200S lado norte y TP.	52
Figura 34. Red PROFIBUS-DP2, ET 200S lado sur.	52
Figura 35. Red PROFIBUS-DP3, SIMOCODE-PRO.	52
Figura 36. Red PROFIBUS-DP4, SIMOCODE-PRO.	53
Figura 37. Sistema completo de red y hardware de control.	53
Figura 38. HMI, pantalla principal, PC supervisor WinCC.	61
Figura 39. Ventana de control para motores con simocode.	63
Figura 40. Ventana control PID.	67
Figura 41. Diagrama de control de nivel del tanque de agua maceración.	68

Figura 42. Ventana de Gráficas de Parámetros del controlador PID.	69
Figura 43. Ventana control variador tanque tromel y controlador PID.	70
Figura 44. Diagrama de control de nivel del tanque tromel.	71
Figura 45. Modelo ventana de estado de turbina.	72
Figura 46. HMI, pantalla lubricación molinos, PC supervisor WinCC.	73
Figura 47. HMI, pantalla de históricos, PC supervisor WinCC.	74
Figura 48. HMI, pantalla molino #1, PC supervisor WinCC.	76
Figura 49. HMI, pantalla molino #2, PC supervisor WinCC.	77
Figura 50. HMI, pantalla molinos: #3, #4, #5 y #6, PC supervisor WinCC.	78

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Normas estandarizadas ANSI/ISA-5.1-1984 (R1992).	84
Anexo B. Nomenclatura diseñada para TAG's, Proceso de Molienda.	85
Anexo C. Estándar de colores creado para objetos gráficos diseñados en la interfaz de operación WinCC.	86
Anexo D. Interfaz gráfica, PC supervisor IFIX.	88
Anexo E. Plantilla base para las pantallas diseñadas en WinCC.	89
Anexo F. Manual de usuario.	90
Anexo G. Paper.	116

GLOSARIO

ET 200S: módulo descentralizado para adquisición y transferencia de datos.

HMI: interfaz hombre – máquina.

IFIX: interfaz hombre máquina usada en Ingenio Providencia.

INDUSTRIAL ETHERNET: protocolo de comunicación para una red local.

OP: panel de operación, puede ser digital o táctil.

PLC: controlador lógico programado, unidad de procesamiento.

PROFIBUS DP: protocolo de comunicación descentralizada.

SCADA: supervisión, control y adquisición de datos.

SIMOCODE PRO: módulo descentralizado para gestión y protección de motores.

WINCC: software usado para diseñar la HMI.

RESUMEN

Este proyecto tiene por objeto el diseño de una Interfaz Hombre - Máquina para el proceso de molienda de la caña de azúcar en el Ingenio Providencia S.A. satisfaciendo las necesidades funcionales del proceso, en monitoreo y supervisión con el actual sistema de control que esta empresa está implementando en dicho proceso.

A partir de las necesidades y requerimientos analizados, esta interfaz se realiza, siguiendo la metodología del Diseño Mecatrónico, aplicándolo principalmente para lograr un óptimo diseño de los diferentes diagramas de proceso y una amplia funcionalidad en la interacción con el usuario.

En este informe se encuentra de forma detallada cómo se realizaron las pantallas y la descripción de las herramientas computacionales que se usaron durante su elaboración, además se describe de forma general el sistema de control implementado por Ingenio Providencia S.A. para este proceso.

INTRODUCCIÓN

El ser humano está continuamente interactuando con los objetos que le rodean, y crea expectativas sobre cómo éstos deben comportarse, basándose en pasadas experiencias con estos objetos u otros similares.

Cuando los seres humanos y los computadores interactúan lo hacen a través de un medio o interfaz hombre – máquina, la que se define como HMI, transmitiéndose mutuamente información, órdenes y datos.

Por otro lado, la interfaz puede también limitar la comunicación en muchos casos, ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá fuera de esta relación mutua. Es así como en muchos casos la interfaz se convierte en una barrera, debido a un pobre diseño y a una escasa atención a los detalles de la tarea a realizar; además un buen programa con una pobre interfaz tendrá una mala imagen y al contrario, una buena interfaz puede realzar un programa poco funcional.

A nivel industrial una HMI es el medio de contacto entre el usuario y un proceso determinado, convirtiéndose así en una herramienta muy importante para la supervisión y monitoreo del proceso. Las HMI en la industria se pueden encontrar de varias formas, ya sea en un Panel de Operación o en un computador en el cual se ha diseñado un modelo gráfico del proceso, que le permite al usuario estar enterado del comportamiento de las variables de proceso y de los diferentes datos que el mismo ofrece.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar una interfaz gráfica (hombre - máquina) para el proceso de molienda.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Facilitar el seguimiento del proceso de molienda para el operario.
- ✓ Permitir la observación y modificación de las variables del proceso de molienda.
- ✓ Mejorar gráficamente la interfaz usada actualmente para el proceso.
- ✓ Supervisar el comportamiento del sistema controlado.
- ✓ Interactuar con el proceso de molienda durante su ejecución.

2 ANTECEDENTES

En el mundo de la Automatización Industrial el control de un proceso completo involucra aspectos tales como supervisión, optimización, gestión del mantenimiento, control de calidad, seguimiento de la producción, etc.; para lograr estos objetivos se ha ido evolucionando desde distintas estructuras de Automatización y Control. Esta evolución se inicia con el uso del control centralizado, en el cual la arquitectura aplicada se caracteriza por la intervención de un sólo módulo de procesamiento, que va enlazado directamente a los dispositivos de proceso; seguidamente, continúa con la aparición del control multicapa, el cual se caracteriza por la intervención de varios módulos de procesamiento (para tareas independientes) que reciben señales de los dispositivos de proceso, y que a su vez están enlazados a un único sistema de supervisión; el siguiente control en desarrollarse, es el control jerárquico, el cual es una consecuencia del desarrollo del control multicapa y de la ampliación de las tareas de control a los conceptos de planificación y gestión empresarial, y la correspondiente asignación a niveles superiores en la jerarquía de control; finalmente, en esta evolución, se encuentra el control distribuido, que a diferencia del control jerárquico, existen varias unidades de control y fabricación que llevan a cabo las mismas tareas, ya que en el caso que ocurra una avería en alguna de las unidades, será posible transferir todo o parte de las tareas a las otras unidades de control.

En Ingenio Providencia S.A. se ha usado como HMI / SCADA un software llamado Ifix; éste es usado para la supervisión de todos los procesos involucrados en la elaboración del azúcar; esta interfaz se implementó hace aproximadamente unos 14 años por un ingeniero llamado Javier Calle, quien era un hombre visionario que pensaba en mejorar el futuro tecnológico de la empresa.

Ifix inicialmente funcionaba sobre una plataforma DOS. Sin embargo, a medida que fue pasando el tiempo fueron apareciendo nuevas versiones para diferentes plataformas, tales como Windows 3.1, Windows 95 hasta una versión más moderna que soporta Windows XP; esta última versión de Ifix usada en la empresa, es la penúltima versión creada por el fabricante, la versión 3.5; el fabricante de esta interfaz hombre - máquina es General Electric, empresa que se caracteriza por los diversos productos que ofrece en el mercado y sus grandes aportes a la industria. Ifix se caracteriza por ser un software flexible, permitir múltiples nodos de supervisión, versatilidad en el manejo de diferentes dispositivos de diferentes marcas, entre otras, que destacan su buen servicio.

En la comunicación con la periferia, Ifix posee una gran cantidad de driver's que permiten una eficiente comunicación con dispositivos de diferentes fabricantes.

3 JUSTIFICACIÓN

El diseño de esta HMI, se hace necesaria principalmente para satisfacer la migración tecnológica que realizó INGENIO PROVIDENCIA S.A., con la unidad de procesamiento (PLC) para el control del proceso de molienda; la unidad de procesamiento reemplazada, es un PLC marca SIEMENS y modelo S5-115 que ya venía funcionando desde hace varios años para este proceso; el PLC nuevo es del mismo fabricante, pero modelo S7-417; esta nueva unidad ofrece rendimiento, control, comunicación y otras herramientas industriales con una tecnología mucho más avanzada que la anterior. Además con el diseño de la interfaz, esta empresa obtendrá una mejora notable en la manera de realizar la supervisión de uno de los procesos que inician la elaboración del azúcar, ofreciendo comodidad e interactividad a sus empleados, haciendo que la realización de sus labores en este proceso sea más confiable, permitiéndoles una observación general y detallada del proceso según la necesidad que en un momento determinado surja. La comodidad de los empleados también se verá reflejada con la ampliación del área de trabajo (cuarto de control de molinos) al reemplazar los equipos antiguos (grandes y pesados) por un nuevo sistema de supervisión liviano en donde se instalará la interfaz diseñada, logrando así una mayor concentración y reacción del empleado, al tener integrado el control del proceso en una sola pantalla.

En el contexto de gestión empresarial, se utiliza actualmente IFIX; con la implementación del nuevo sistema de supervisión, no se pretende reemplazar inmediatamente la manera de realizar gestión para este proceso de molienda, ya que IFIX es un sistema sólido y que su reemplazo se realizaría a largo plazo; para realizar este cambio de gestión, habría que implementar este nuevo sistema de supervisión en toda la planta azucarera; con la implementación de este nuevo sistema de supervisión en el proceso de molienda y su implementación a largo plazo en los demás procesos, se aplicaría el concepto de Automatización Integrada por Computador (CIM), teniendo en cuenta todos sus niveles: maquinaria, control, supervisión, planificación y gestión empresarial; esto quiere decir que la automatización no se centraría sólo en planta y proceso, además ofrecería a los otros departamentos de la empresa, la posibilidad de obtener y usar datos de proceso para aplicarlos en producción, gestión de calidad, mantenimiento, costos y presupuestos, logística, etc., sectores muy importantes para la economía, desarrollo y competitividad de la empresa. Para el participante del proyecto, los beneficios se obtienen en la ganancia de experiencia en métodos de automatización usados actualmente en la industria azucarera colombiana y así poder aplicarlos en las diferentes industrias, haciendo que el desarrollo tecnológico de los diferentes sectores industrializados se vea beneficiado; además de nutrir su vida profesional como Ingeniero Mecatrónico al desempeñarse en el campo de la automatización y control.

4 PROCESO DE MOLIENDA

El proceso de molienda se inicia después que las varas de caña han pasado por las picadoras, que son las encargadas de cortarlas en trozos más pequeños, después pasan por la desfibradora, que se encarga de triturar las pequeñas varas de caña, hasta el punto de obtener un material fibroso que contiene la mezcla de la pulpa, cascara y jugo de caña.

Cuando se obtiene este material, el proceso de molienda se da inicio de la siguiente manera.

- El material fibroso ingresa por el chute del primer molino y así se somete a su primera compresión expulsando un gran porcentaje de jugo.
- Luego el material pasa al siguiente conductor para ser llevado al siguiente molino, en donde se repite la misma operación del primer molino.
- La operación de compresión se repite seis veces para lograr una óptima extracción del jugo.
- En la parte baja de cada molino, hay canales que guían el jugo que se ha extraído hasta unos tanques de recolección para luego ser guiado al tanque principal (Tromel) de recolección de jugo.
- Durante la extracción en los molinos, el material es macerado con agua y jugo ya extraído, esto es para estimular la extracción del jugo que todavía se encuentra en el material.
- El jugo que se encuentra en el tanque principal contiene trozos de caña y restos de material, esta contaminación se libera del jugo haciéndolo pasar por un filtro rotativo (Tambor Tromel) que retiene las suciedades y deja pasar el jugo para ser enviado a las básculas de jugo y así continuar con el proceso de elaboración del azúcar.
- Cuando el material sale del molino seis, recibe el nombre de bagazo y es utilizado como combustible para las calderas, elaboración de abonos para los cultivos de caña y comercializarlo con la industria de elaboración del papel.

Un molino posee un conductor, 4 masas principales, sistema de flotación de masa, un contenedor (chute), como partes principales, véase Figura 1; además posee un sistema de rotación, que se origina gracias a una turbina que genera este movimiento; esta rotación se produce a una alta revolución haciendo necesario reducir esta velocidad con un sistema mecánico de reducción de velocidad que compensa esta pérdida de revolución con la ganancia en torque, véase Figura 2.

Figura 1. Esquema básico de un molino.

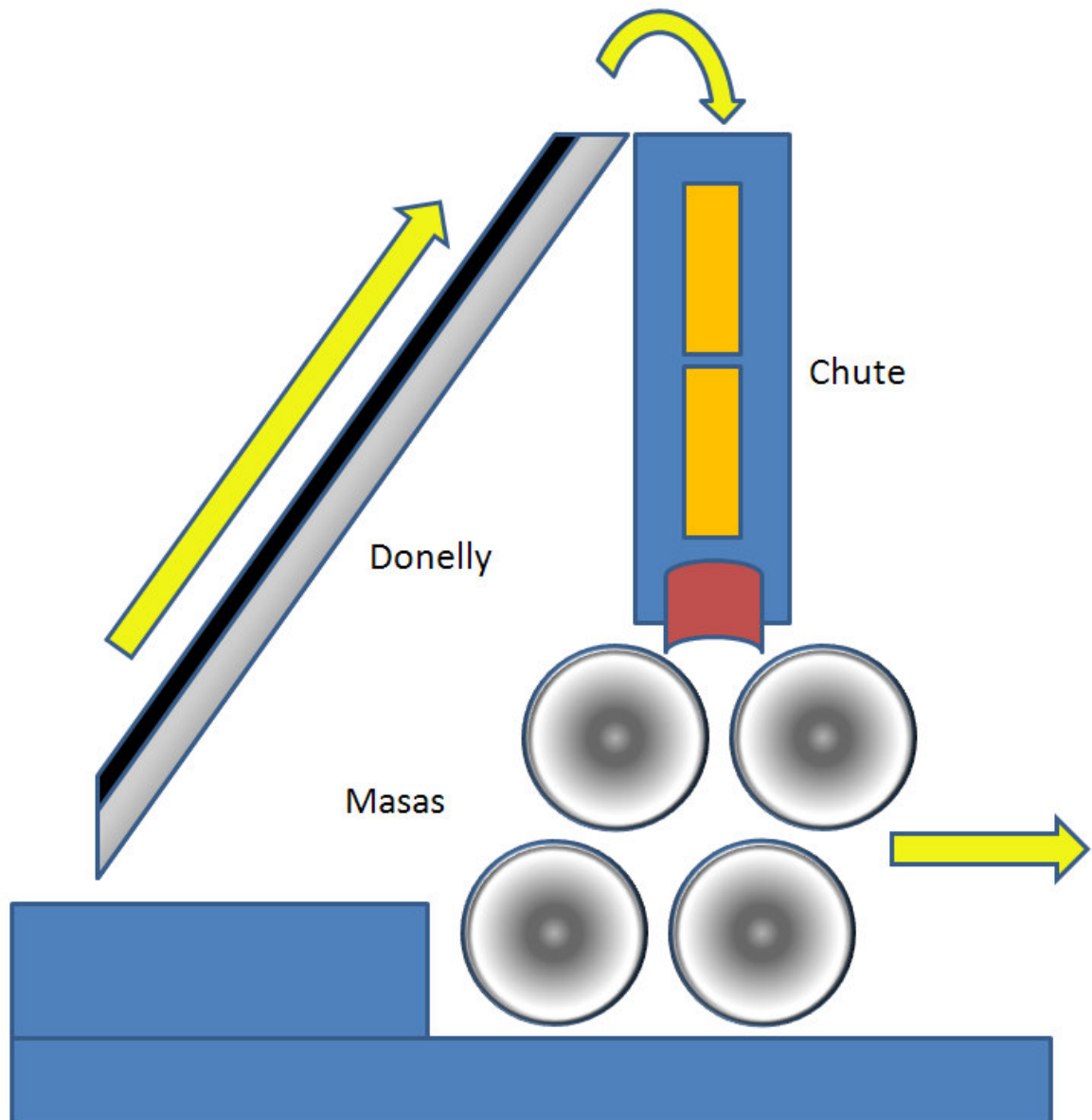
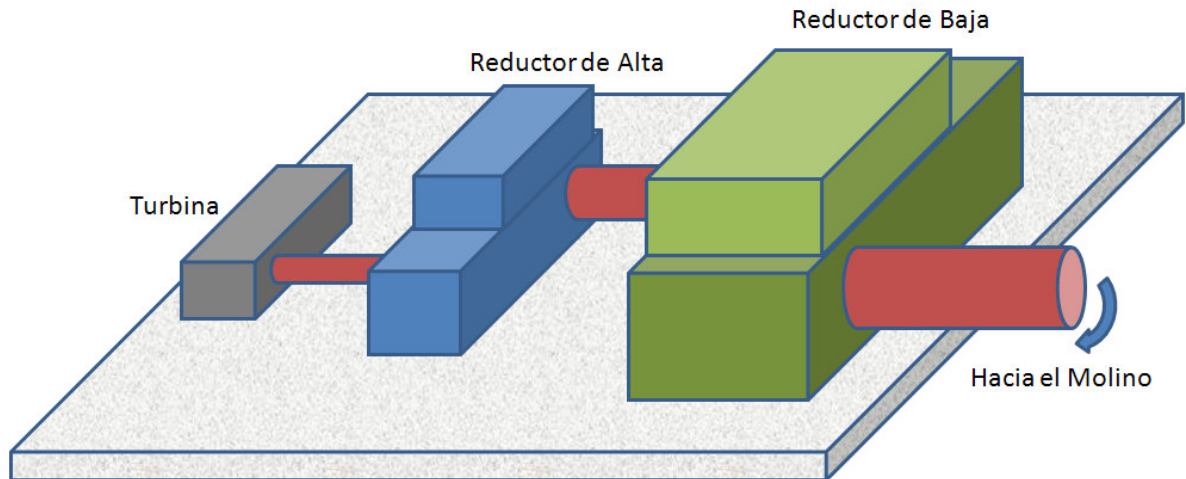


Figura 2. Esquema básico de reductores de velocidad.



Este sistema de generación de movimiento y reducción de velocidad de rotación, está dotado cada uno por bombas de lubricación y por bombas de refrigeración.

Para el sistema de lubricación se tienen dos bombas, una automática y una manual, para garantizar el continuo funcionamiento de la lubricación en los reductores, ya que al ser dispositivos mecánicos, es indispensable la presencia de agentes para lubricar las piezas.

5 PLANEACION DEL PROYECTO

5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ingenio Providencia S.A. realizó una modificación del sistema de control en el proceso de molienda; esta modificación se basa en la migración de la tecnología S5 a la tecnología S7 de SIEMENS; a continuación se muestra el funcionamiento del antiguo y del nuevo sistema de control implementado.

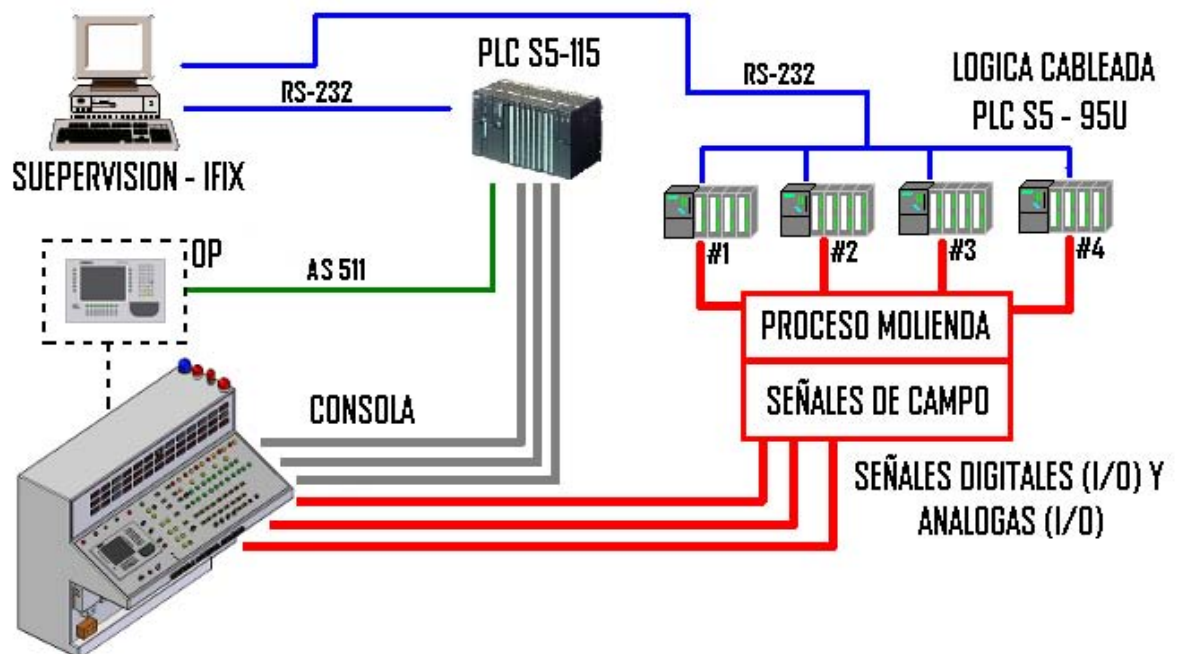
5.1.1 Antiguo sistema de control, tecnología S5. En este sistema se usa una arquitectura de control distribuido (Figura 3) que consta de varias unidades de procesamiento, interfaces gráficas y protocolos de comunicación que llevan una larga vida de uso en el proceso de molienda, éstos se explican a continuación.

- Unidad de procesamiento. Se usan cinco PLC's, un PLC S5-115 que se encarga de controlar el arranque de los motores de los conductores (DONELLY's) de bagazo que se encuentran entre molino y molino; cuatro PLC's S5-95U, los cuales se encargan de controlar el arranque de las turbinas y de los motores de las bombas de lubricación de los molinos 1, 2, 3, 5 y 6; estos cuatro PLC's están ubicados en campo y poseen botoneras que le permiten a los operarios enviar las órdenes al proceso; el molino 4 se controla por lógica cableada desde la consola de mando, que se describe en el siguiente punto.
- Interfaz. Como interfaces gráficas se usan dos medios, uno es una pantalla gráfica (Anexo D) diseñada en el software de supervisión y gestión IFIX que se encuentra instalado en todos los equipos de monitoreo de los diferentes procesos que intervienen en la fabricación del azúcar en la planta; el otro medio gráfico es una OP 335 de marca SIEMENS, que se encarga de dar visualización al operario de diferentes variables de proceso, alarmas y el envío de órdenes al proceso; esta OP se encuentra programada en un software llamado PROTOOL, el cual es del mismo fabricante de la OP; como interfaz de control se usa una consola dotada de botones y display's indicadores de variables de proceso.
- Protocolos de comunicación. La manera de realizar comunicación en este sistema de control se muestra en la siguiente tabla, véase Tabla 1.

Tabla 1. Protocolos de comunicación, tecnología S5.

EQUIPOS	PROTOCOLO
PLC S5-115 – IFIX	RS-232
PLC's S5-95U – IFIX	RS-232
OP 335 – PLC S5-115	AS-511
Consola – Proceso	Lógica cableada
Consola – PLC's S5	Lógica cableada

Figura 3. Arquitectura de control, tecnología S5.



5.1.2 Actual sistema de control, tecnología S7. En este sistema se usa una arquitectura de control centralizada con periferia descentralizada (Figura 4); esta arquitectura posee unidad de procesamiento, módulos descentralizados, módulos de gestión de motores, interfaz gráfica y protocolos de comunicación, éstos se explican a continuación.

- Unidad de procesamiento. El único PLC usado en este sistema, es un PLC S7-417, el cual asume el control total del proceso de molienda.
- Módulos descentralizados. Las ET's (Figura 5) son estaciones de adquisición y envío de señales en campo; para este sistema se implementaron catorce de estos módulos, los cuales se encuentran distribuidos por todo el campo de proceso en dos secciones; la sección norte es la encargada de la recepción y envío de señales con los molinos; además cada una de éstas posee una pantalla táctil que le permite a los operadores en campo controlar ciertas funciones de cada molino; la sección sur es la encargada de la recepción y envío de señales con los demás dispositivos del proceso, pero éstas no poseen pantallas táctiles.
- Módulos de gestión de motores. Los SIMOCODES (Figura 5) son dispositivos de última tecnología que se encargan de la gestión y protección de los motores de arranque directo del proceso. Estos módulos ofrecen una serie de herramientas que facilitan el control de los motores; los dispositivos se instalan en el circuito de control de los motores junto al circuito de fuerza de los mismos.
- Interfaz. Como interfaces gráficas se usan dos medios que trabajan de forma paralela; uno de ellos es IFIX, interfaz que se mantendrá hasta que se implemente la tecnología S7 en toda la planta; el otro medio, son las pantallas diseñadas en WinCC y que son el objetivo principal de este proyecto.
- Protocolos de comunicación. La manera de realizar comunicación en este sistema de control se muestra en la siguiente tabla, véase Tabla 2, véase Figura 6.

Figura 4. Arquitectura de control, tecnología S7.

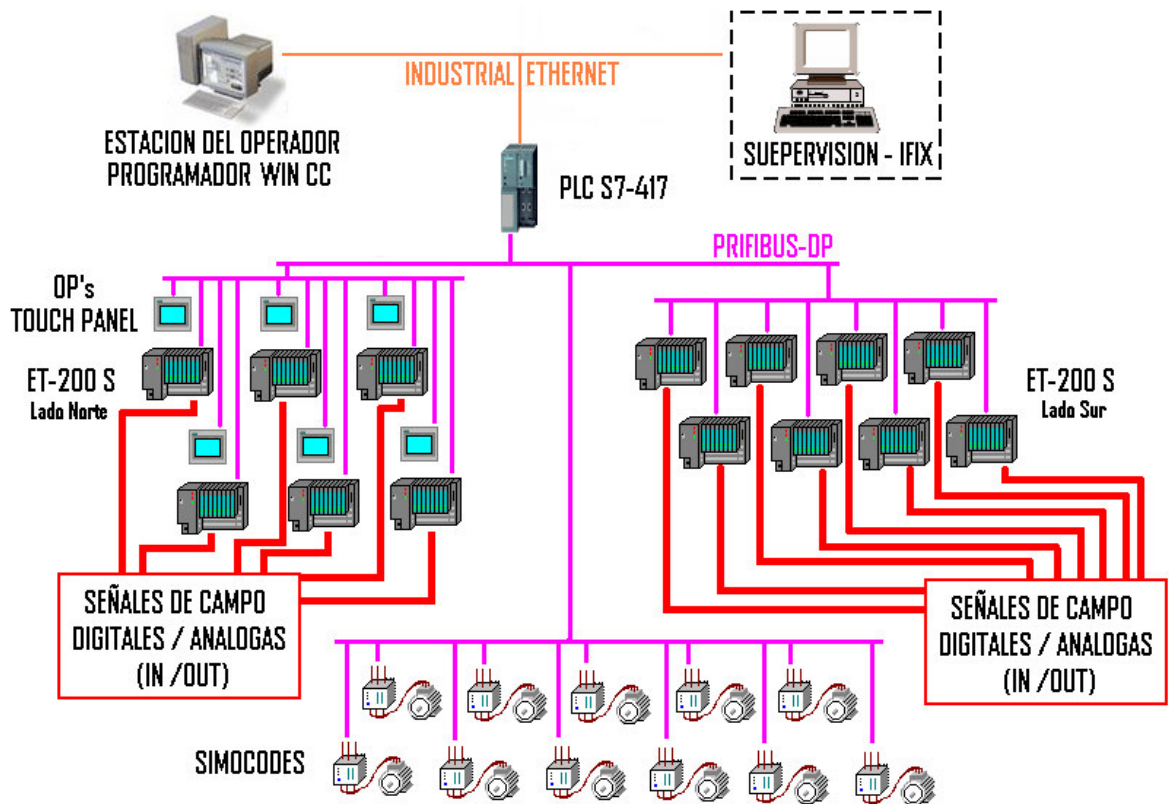


Tabla 2. Protocolos de comunicación, tecnología S7.

EQUIPOS	PROTOCOLO
PLC S7-417 – WinCC	Industrial Ethernet
PLC S7-417 – IFIX	Industrial Ethernet
PLC S7-417 – ET's	PROFIBUS-DP
PLC S7-417 – SIMOCODES	PROFIBUS-DP
ET's – Proceso	4 - 20 mA y 0 – 24 V

Figura 5. Módulos descentralizados, ET 200 S y SIMOCODE PRO.

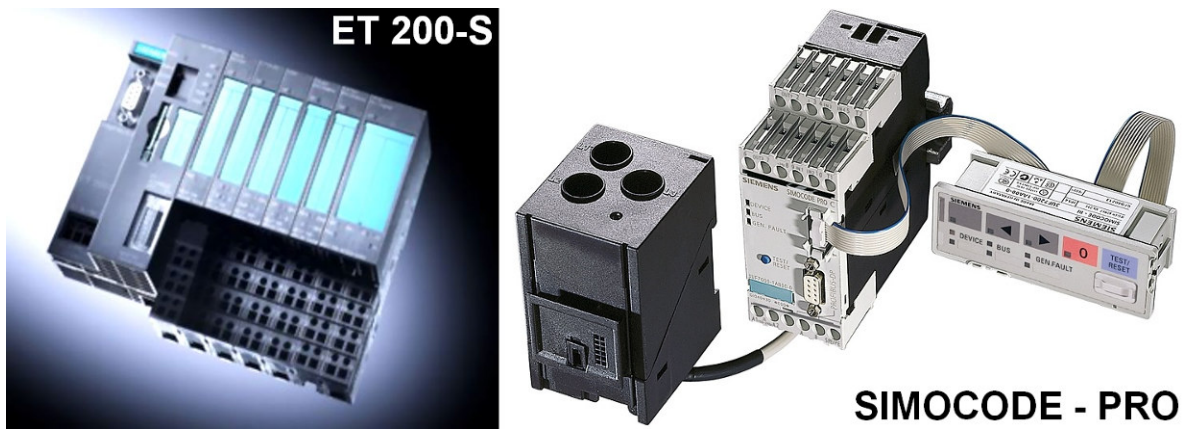
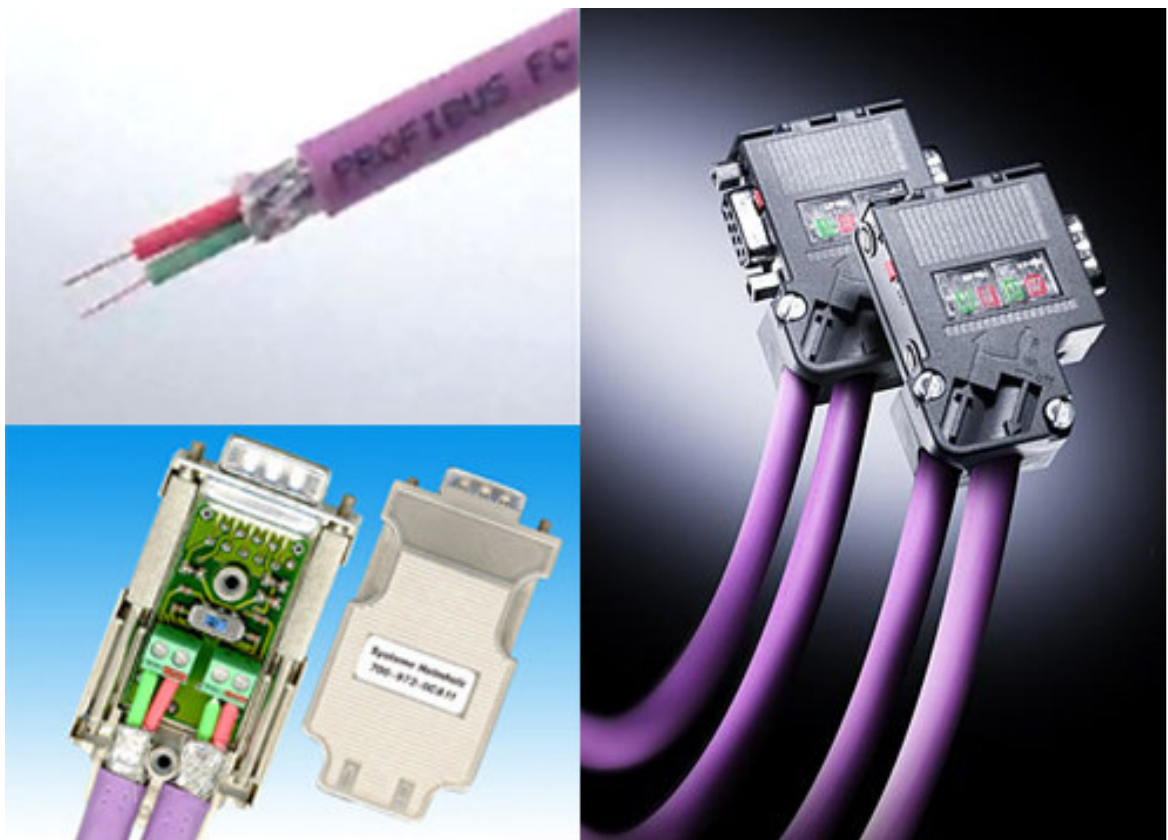


Figura 6. Cable de comunicación descentralizada PROFIBUS – DP.



6 EJECUCION DEL PROYECTO

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Las necesidades del proyecto se establecen después de haber realizado un análisis de los requerimientos del mismo; las necesidades que surgen para la realización del diseño de la interfaz gráfica son las siguientes, véase Tabla 3.

Tabla 3. Identificación de las necesidades.

ITEM	CONCEPTO	NECESIDAD
1	Supervisión	Realizar las tareas del Ifix.
2	Control	Asumir las tareas de la Consola.
3	Control	Asumir las tareas del Panel de Operación.
4	Gráficos - Programación	Manejo de las alarmas de proceso.
5	Gráficos	Diseño amigable y fácil de usar.
6	Gráficos - Programación	Flexible para futuros cambios.
7	Gráficos	Diseño de acuerdo al proceso.
8	Programación	Seguro para evitar errores de usuario.
9	Programación	Diseño protector del proceso.
10	Manual	Práctico y sencillo para el usuario.
11	Diseño	Realizado en WinCC.
12	Gráficos	Estéticamente agradables.

6.2 GENERACION DE CONCEPTOS

En esta fase de la ejecución del proyecto, el problema se descompone de manera funcional, permitiendo así un análisis más profundo de los subsistemas que componen el problema a solucionar y de los componentes externos que rodean el mismo.

6.2.1 Descomposición funcional. La descomposición funcional se realiza tomando el problema como una caja negra, la cual se ve afectada por unos componentes externos de entrada, que internamente interactúan obteniendo como resultado una salida.

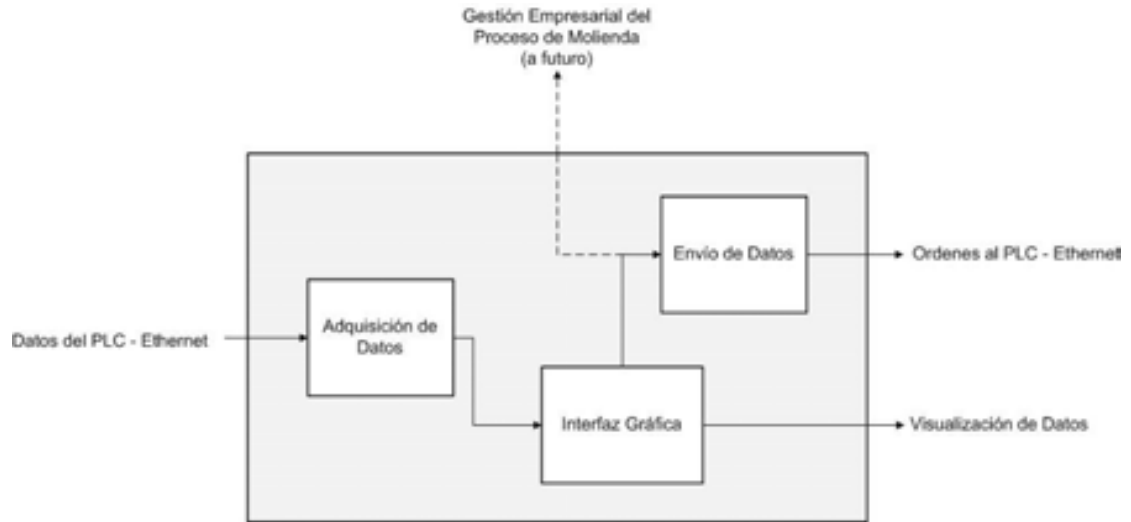
La aplicación de este método permite observar de una manera general, cuáles van a ser las funciones de la interfaz sin necesidad de mencionarlás, evitando limitar el proceso de diseño de la HMI.

A continuación se muestra el diagrama de la caja negra (Figura 7) y la descomposición funcional (Figura 8) para la HMI.

Figura 7. Diagrama de caja negra.

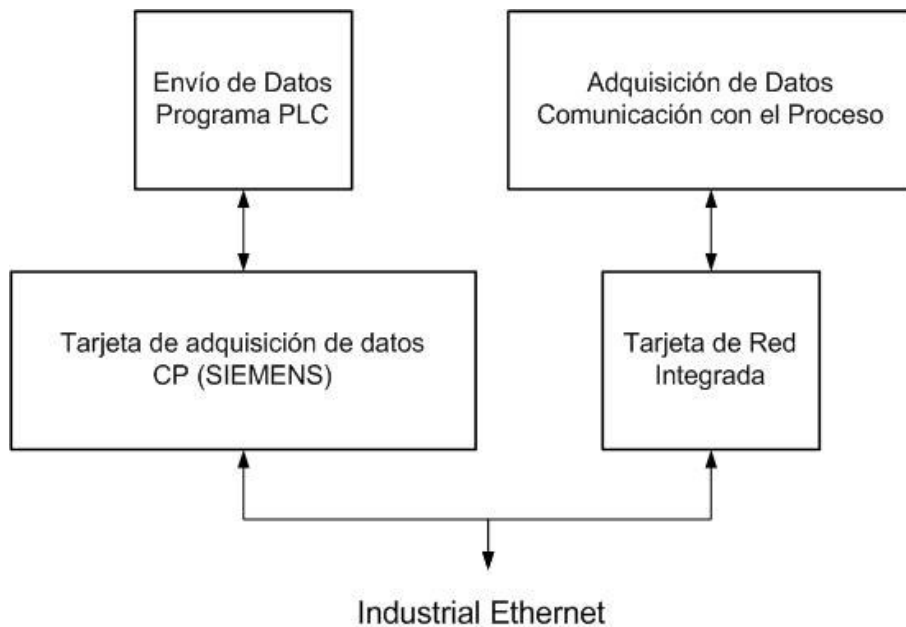


Figura 8. Diagrama de descomposición Funcional.



- **Análisis de los subsistemas.** Subsistemas de adquisición y envío de datos. La adquisición de los datos por parte del computador se realiza de dos formas ya estipuladas por el sistema de control implementado en el proceso de molienda; estos dos modos son dos tarjetas que se encuentran instaladas en la CPU del computador y que a su vez, se conectan a una misma red local de Ethernet para la transferencia de datos con el PLC, véase Figura 9.

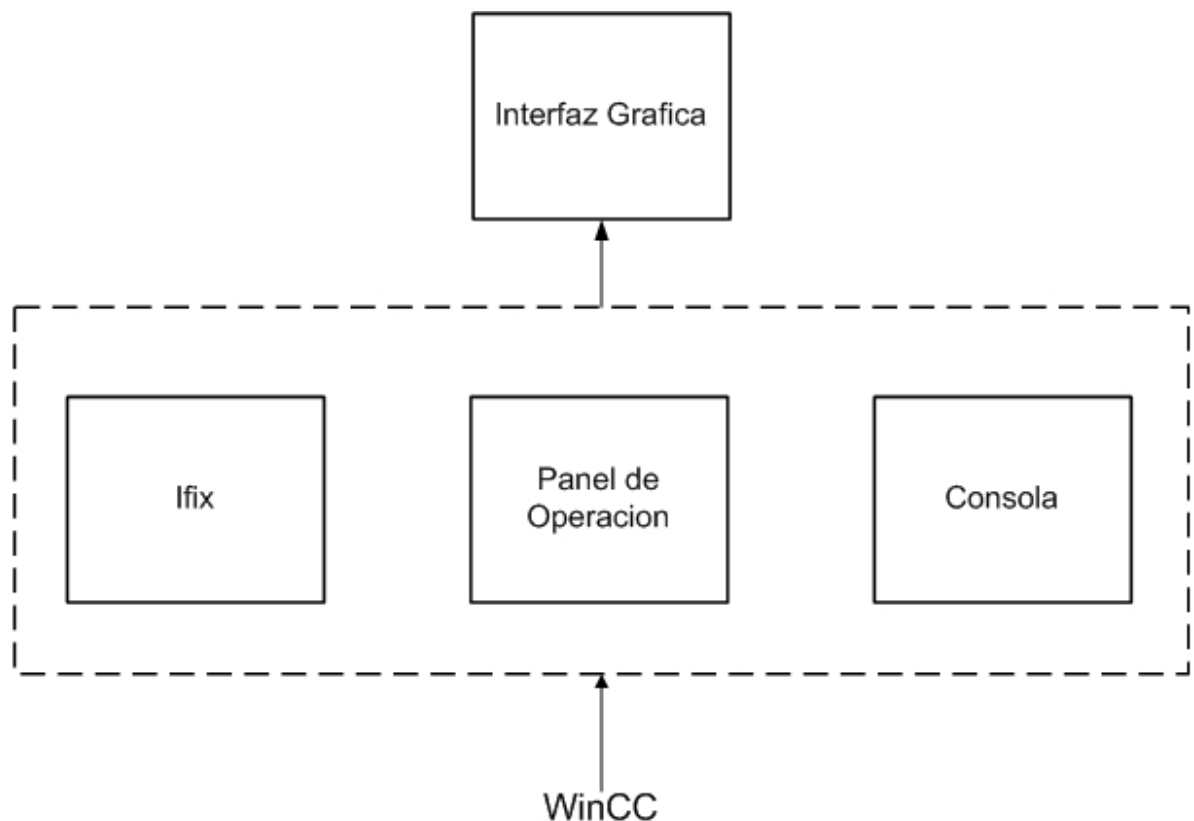
Figura 9. Subsistemas de adquisición y envío de datos.



La tarjeta CP se usa para transferir el programa de control del PC al PLC y realizar la función de una estación de ingeniería; la tarjeta integrada de red, se usa para la transferencia de datos de proceso entre el PLC y el PC para realizar el monitoreo y supervisión del proceso.

Subsistema de interfaz gráfica: Este subsistema es la integración de tres interfaces que se usaban en el antiguo sistema de control; para el nuevo sistema de control ya implementado, la HMI diseñada realiza las tareas de estas tres interfaces desde una sola interfaz que consta de una serie de pantallas elaboradas en WinCC, que permiten la eliminación de las tres interfaces anteriormente mencionadas, véase Figura 10.

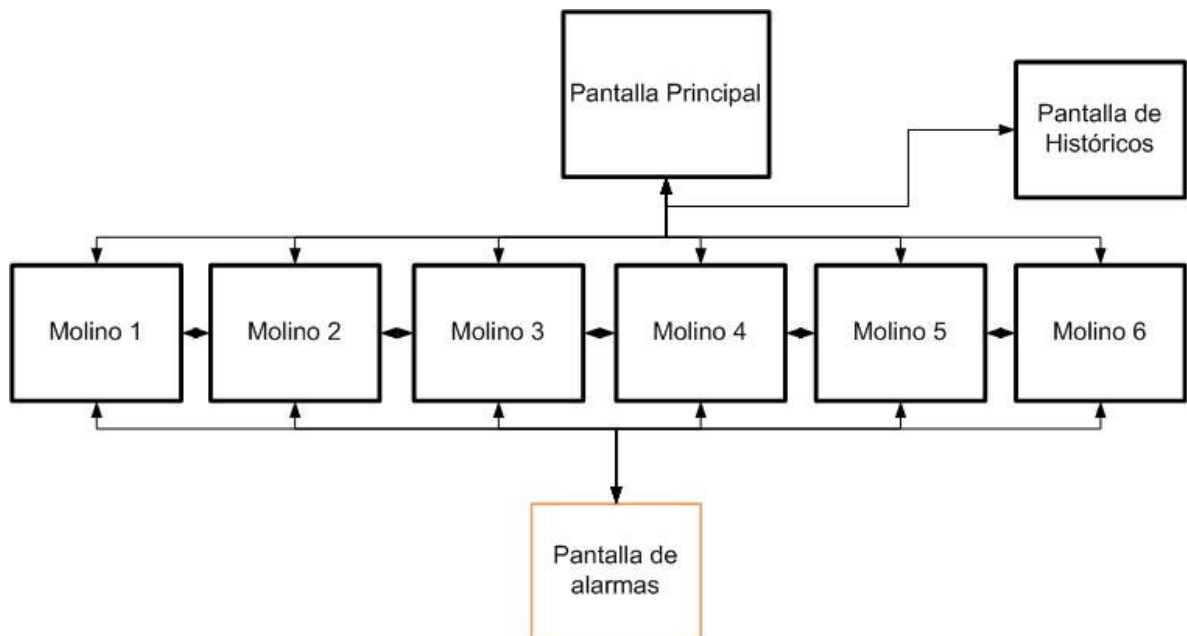
Figura 10. Subsistema de interfaz gráfica.



6.2.2 Descripción de conceptos: Para la solución de un problema pueden surgir varias posibles soluciones, para luego aplicar la que mejor satisface las necesidades inicialmente estipuladas; a continuación se describen las posibles soluciones para el subsistema de interfaz gráfica, teniendo en cuenta la distribución y funcionalidad de las pantallas diseñadas.

- Concepto A. Esta solución ofrece el diseño de una pantalla principal que contiene gráficamente el diagrama de proceso, mostrando los valores principales que se necesitan saber para realizar una supervisión a primera vista; esta pantalla principal se enlaza con ocho pantallas secundarias, una es la pantalla de alarmas, otra es la pantalla de históricos y las otras seis son para los molinos respectivamente; cada una de estas seis pantallas contiene toda la información de proceso para cada molino, ofreciendo supervisión y control al molino seleccionado, véase Figura 11.

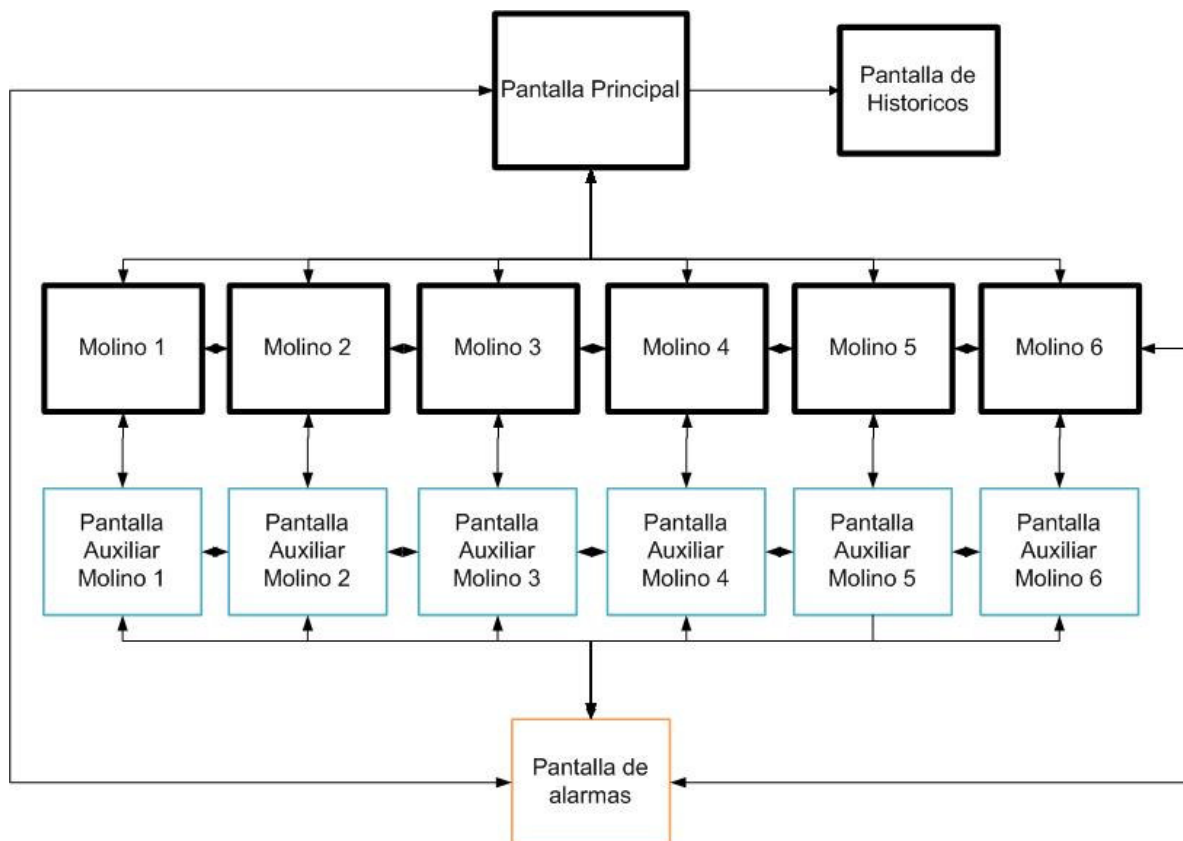
Figura 11. Diagrama concepto A.



- Concepto B. Esta solución ofrece el diseño de una pantalla principal que contiene gráficamente el diagrama del proceso, mostrando los valores principales que se necesitan saber para realizar una supervisión a primera vista; esta pantalla principal se enlaza con ocho pantallas secundarias, una es la pantalla de alarmas, otra es la pantalla de históricos y las otras seis son para los molinos respectivamente; en cada una de estas seis pantallas se visualizan los datos más importantes por cada molino, ya que cada una de estas pantallas está enlazada con una pantalla auxiliar que contiene datos detallados que no se encuentran en las demás pantallas; las pantallas auxiliares se enlazan entre sí para navegar entre los detalles de los molinos.

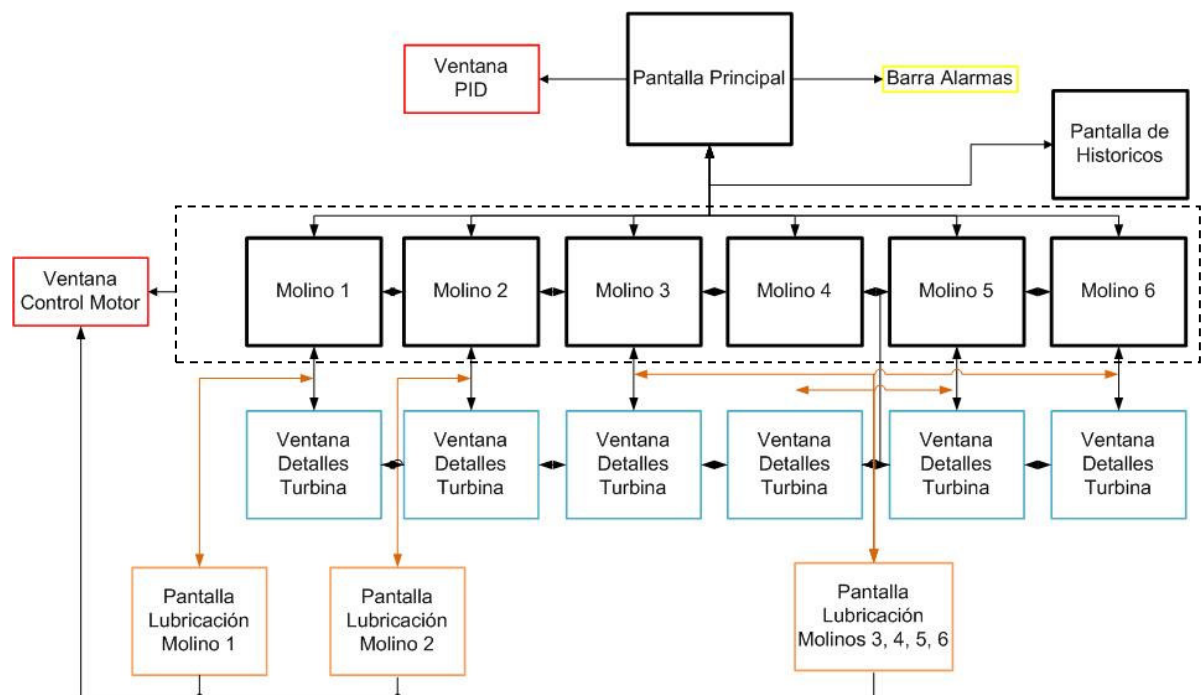
Las pantallas de los molinos y las auxiliares se encuentran en enlace con la pantalla de alarmas, véase Figura 12.

Figura 12. Diagrama concepto B.



- Concepto C. Esta solución ofrece el diseño de una pantalla principal que contiene gráficamente el diagrama de proceso, mostrando los valores necesarios para realizar una supervisión a primera vista; además posee una barra de visualización de las alarmas que siempre permanece visible sin importar qué pantalla se esté observando en un momento determinado; la pantalla principal se enlaza con siete pantallas secundarias, una es la pantalla de históricos y las otras seis son para cada molino; estas pantallas poseen enlaces entre si, además poseen vínculos a ventanas de visualización de detalles y de control específicos, enlazándose también con las pantallas de lubricación, véase Figura13.

Figura 13. Diagrama concepto C.



6.3 SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Durante la generación de los conceptos, se obtuvo tres posibles soluciones; la selección de los conceptos, se realiza según las necesidades estipuladas inicialmente y aplicando un tamizado utilizando una matriz de evaluación (Tabla 5) que está regida por unos valores de evolución (Tabla 4) que facilitan la selección y el descarte de conceptos.

Tabla 4. Valores de selección.

VALOR	DESCRIPCION
+	Mejor que...
0	Igual a...
-	Peor que...

Tabla 5. Matriz de evaluación.

CRITERIO DE SELECCIÓN	CONCEPTO		
	A	B	C
Realizar las tareas del Ifix.	0	0	0
Asumir las tareas de la Consola.	0	0	0
Asumir las tareas del Panel de Operación.	0	0	0
Manejo completo de las alarmas de proceso.	0	0	0
Diseño amigable y fácil de usar.	-	+	+
Flexible para futuros cambios.	0	0	+
Diseño de acuerdo al proceso.	0	0	+
Seguro para evitar errores de usuario.	0	0	+
Diseño protector del proceso.	0	0	0
Práctico y sencillo para el usuario.	-	-	+
Realizado en WinCC.	0	0	0
Estéticamente agradables.	-	-	+
POSITIVOS	0	1	6
IGUALES	9	9	6
NEGATIVOS	3	2	0
TOTAL	-3	-3	6
ORDEN	3	2	1
CONTINUAR	NO	NO	SI

Después de realizar la matriz de evaluación se obtiene como resultado el descarte de los conceptos A y B, ya que no cumplen plenamente con la satisfacción de las necesidades del proyecto; además a comparación del concepto C, son notables los aspectos negativos que poseen estos dos conceptos.

Conociendo ya el concepto que satisface las necesidades del proyecto, se inicia con el desarrollo del concepto C para realizar el diseño de la HMI.

6.4 ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

La arquitectura de un producto hace referencia al arreglo funcional de elementos en conjuntos físicos que constituyen la composición del producto, es decir, la manera en que se encuentran organizadas o dispuestas sus correspondientes funciones y/o correlaciones con otros elementos y funciones.

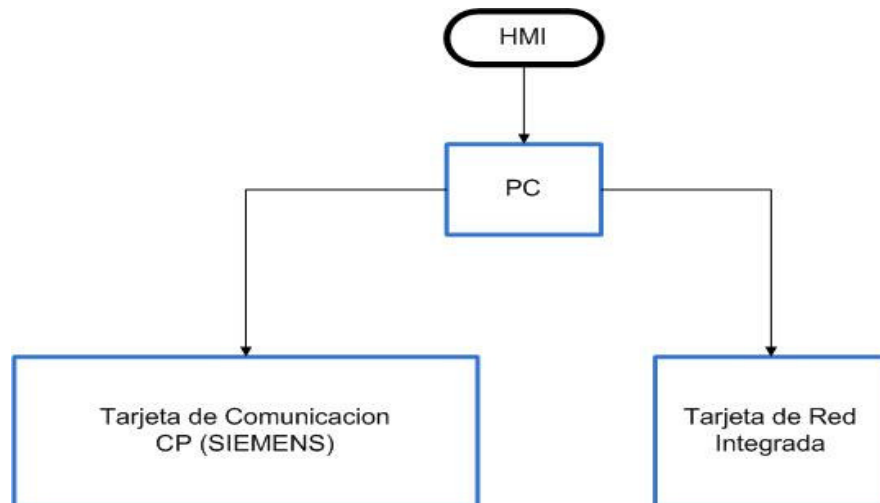
La arquitectura empleada para la HMI, es una arquitectura de tipo modular, ya que cada elemento físico posee una sola función específica de la HMI, pero se encuentran integrados en un solo sistema, véase Tabla 6.

Tabla 6. Elementos físicos y sus funciones.

ELEMENTO FISICO	FUNCIÓN
PC	Visualizar la Interfaz Gráfica
Tarjeta CP SIEMENS	Transferir el Programa al PLC
Tarjeta de red Integrada	Adquisición y Envío de Datos con el PLC

6.4.1 Interacción entre los elementos físicos. Los elementos físicos que componen la HMI cumplen con una interacción mutua para lograr el funcionamiento de la misma, véase Figura 14.

Figura 14. Interacción entre los elementos.



En el esquema se observan las conexiones entre los elementos físicos, todas estas interacciones son fundamentales, ya que si falla alguna, el funcionamiento de la HMI se vería afectado gravemente.

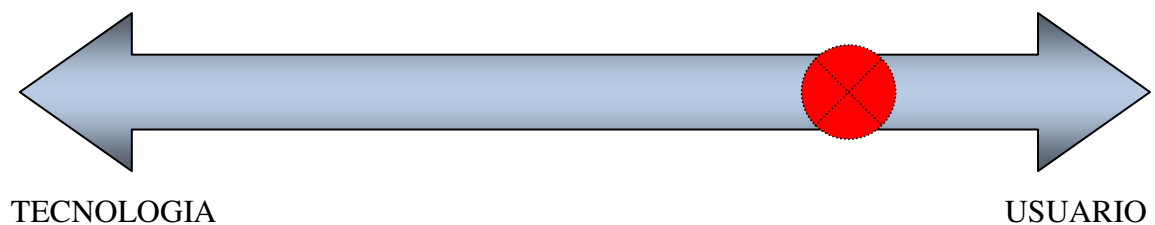
6.5 DISEÑO INDUSTRIAL

6.5.1 Valoración del diseño industrial. En el diseño industrial se le da relevancia a las necesidades relacionadas con la ergonomía y la estética del producto, ya que al analizar solo estas necesidades se logran resaltar aspectos como la facilidad de uso, calidad de interfaz, apariencia física, seguridad, facilidad de mantenimiento, etc. que son fundamentales para el alcance de uno de los objetivos fundamentales de este proyecto.

- Ergonomía.
 - Facilidad de uso.
 - Facilidad de mantenimiento.
 - Cantidad de interacciones.
 - Novedad de interacciones.
 - Seguridad.
- | | Bajo | Medio | Alto |
|---|------|-------|------|
| ● | ● | | ● |
| ● | | ● | ● |
| ● | | | ● |
| ● | | | ● |
| ● | | | ● |
- La facilidad de uso es alta, ya que el usuario cuenta con un conocimiento previo de un proceso industrial, además cuenta con un manual de usuario que lo guiara en el momento en que surja algún tipo de duda con el manejo de la interfaz.
 - Este aspecto va orientado hacia el administrador (Ingeniero), quien es el encargado de mantener un funcionamiento óptimo de la HMI y solucionar algún tipo de problema que se pueda presentar.
 - La cantidad de interacciones es muy alta, ya que la interfaz gráfica posee múltiples enlaces y vínculos entre diversas pantallas y ventanas que le permiten interactuar profundamente con el proceso y realizar un monitoreo óptimo.
 - Las interacciones son novedosas, ya que este sistema es nuevo para el usuario, quien estaba acostumbrado a manejar una interfaz poco funcional y mucho más robusta.
 - La interfaz es segura, ya que internamente posee líneas de código que no permite que el usuario cometa errores y le informa en el momento en que es posible cometer uno para que el usuario esté siempre alerta de sus acciones.

- Estética. En este punto, uno de los principales motivos, es lograr llamar siempre la atención del usuario ofreciéndole un entorno dinámico, cómodo, intuitivo y que le permita siempre encontrarse en una buena posición ante el monitoreo del proceso; eso se logra con el diseño amigable y bien distribuido de las diferentes pantallas de la interfaz gráfica, en donde el usuario puede identificar fácilmente los datos y dar las órdenes necesarias para el control del proceso.
- Naturaleza del producto. Para determinar más fácilmente la acometida del producto, se hace referencia a la tendencia o naturaleza del producto entre tecnología y el usuario, véase Figura 15.

Figura 15. Naturaleza del producto.



Es de tipo usuario, ya que la HMI es el medio que utiliza el usuario para interactuar con el proceso de molienda.

6.6 DISEÑO DETALLADO

6.6.1 Configuración inicial del software. La herramienta utilizada en diseño de la HMI es el software llamado WinCC (Figura 16); este software permite la mezcla de herramientas para diseñar un entorno gráfico con herramientas de programación de diferentes lenguajes.

Figura 16. WinCC.



Inicialmente, para dar el primer paso del diseño de la interfaz gráfica, se siguen los siguientes pasos.

- Inicio del programa. Se ejecuta el software y se crea un nuevo proyecto; para este caso el proyecto creado es de tipo monopuesto, ya que es un solo computador el que usa WinCC para supervisar el proceso y una red local individual Ethernet para este PC; además se define la ruta donde se desea guardar el proyecto.
- Configuración de la comunicación. Una vez creado el proyecto debe asignarse el driver de comunicación que permitirá al programa "leer" los datos externos. Para ello, hay que dirigirse al WinCC Explorer (Figura 17) en donde se ingresa al Administrador de Variables y con clic derecho se selecciona "Agregar nuevo driver..."; como la conexión que se necesita configurar es con el PLC S7-417, se selecciona de la lista mostrada el driver "SIMATIC S7 Protocol Suite"; este driver contiene varios tipos de conexión, aquí se selecciona "Named Connections" y con

clic derecho se selecciona "Nueva conexión". En el cuadro de diálogo se escribe el nombre de la conexión, se seleccionan las propiedades y se deben indicar los parámetros necesarios para el programa S7, en este caso, la aplicación se llama "Aplicación" y el enlace "AS_OS_Link" (Tal como se le denominó en el programa del PLC S7-417). Una vez configurada la comunicación con la unidad de procesamiento, se inicia con la creación de las variables necesarias para la supervisión del proceso, véase Figura 18.

- Manejo de variables. WinCC permite la creación de todo tipo de variables para almacenar diferentes tipos de datos, estas variables pueden ser de tipo cadena, booleano, real, entero etc. permitiendo al diseñador un óptimo almacenamiento de datos y poder usarlos en el momento de realizar algún tipo de operación o simplemente mostrarlos en pantalla.
- Estructura de variables. Cuando se crea algún tipo de entorno gráfico, ya sea una ventana o pantalla que reúna grupos de variables con características comunes, y que en algún momento determinado se requiere invocarlas, WinCC ofrece una herramienta muy útil que permite agrupar las variables en una estructura. Por ejemplo: los controles PID manejan un aproximado de 10 variables, que al agruparse en una estructura, facilita su manipulación, véase tabla 7.

Tabla 7. Estructura de variables PID.

ESTRUCTURA
Control Auto / Manual
Valor de Salida Manual
Banda Proporcional
Tiempo Integral
Tiempo Derivativo
Límite Superior
Límite Inferior
Bias (offset)
Setpoint
Salida del Controlador
Variable de Proceso

Uso de estructuras. Para manipular los diferentes grupos de variables se utiliza un atributo que poseen estas estructuras; este atributo se conoce como "Prefijo de variables" y se aplica al objeto que agrupa las variables, que en un caso determinado puede ser una ventana de imagen u otro objeto gráfico.

Para iniciar, es necesario crear una pantalla que posea elementos manipulables, tales como: campos de entrada salida, barras para visualización, etc; las variables que se encuentren enlazadas con las dinámicas del objeto escogido, recibirán por nombre el mismo que el elemento. Por ejemplo, se crea un tipo de estructura llamada PID_Controller, donde uno de los elementos que posee se llama "Manual" y una de las variables tipo estructura podría llamarse NIVEL_1, el nombre que recibiría el elemento sería:

NIVEL_1.Manual

Para el control, en el campo de E/S se usa como nombre de variable el sufijo "Manual". En otra pantalla se agrega como objeto una "Ventana de imagen" que tiene como atributos "Nombre de imagen" el nombre de la pantalla que se creó previamente y como prefijo de variables el texto NIVEL_1.

El dinamismo del atributo se maneja por código programado y desde las propiedades de las estructuras y del objeto.

Crear una estructura de variables. Para crear una estructura se realiza la siguiente secuencia:

- Click derecho en "Estructuras de variables" > "Nueva estructura..."
- Se le asigna un nombre a la estructura.
- Se agrega una variable haciendo click en el botón "Elemento Nuevo".
- Una vez aparece el elemento nuevo, se selecciona el formato del dato (Booleano, Word, Float, etc.). También se puede realizar escalización y ajuste de formato para cada elemento independiente.
- Se escribe el nombre del elemento.
- La mayoría de los datos agrupados pertenecen a un mismo tipo de direcciones (Entradas, DB, etc.) en este caso podemos direccionar cada elemento a una dirección relativa (Offset) que depende de la dirección inicial que se le asigne a cada variable tipo estructura creada, aunque es posible cambiar la dirección de un elemento específico después de creada la variable
- Click en Aceptar.

Para utilizar la estructura se realiza el mismo procedimiento para crear una variable. Cuando se selecciona el tipo de variable se escoge el nombre de la estructura, se da la dirección inicial y aceptar. El sistema crea todos los elementos requeridos para la estructura con la forma:

Nombre_variable_tipo_estructura.Elemento_de_estructura.

Figura 17. WinCC Explorer.

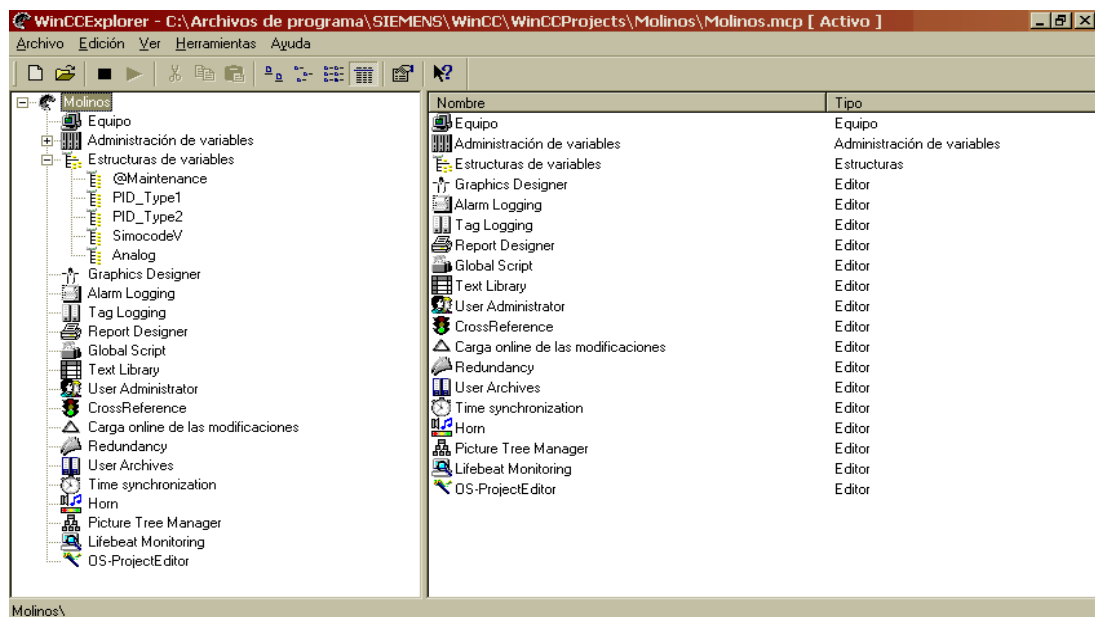
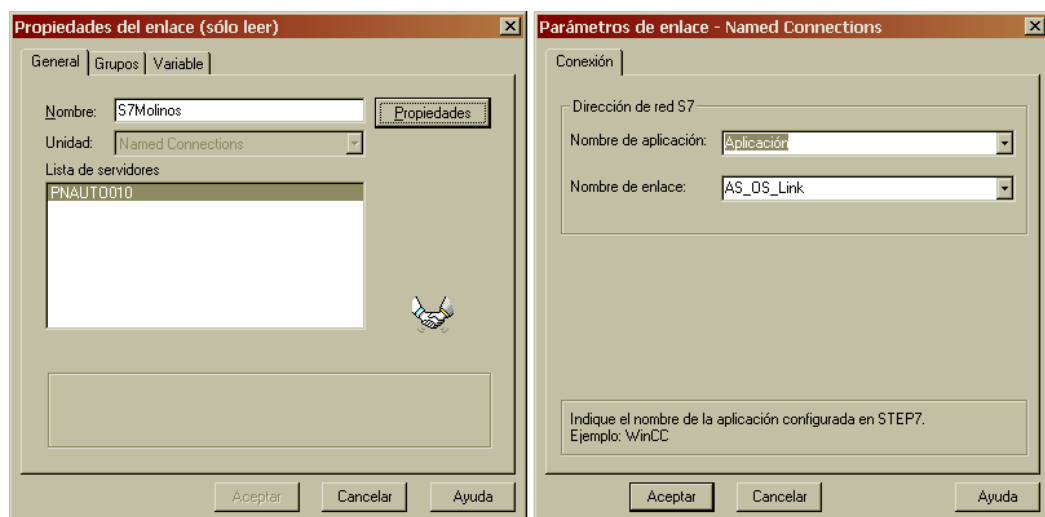
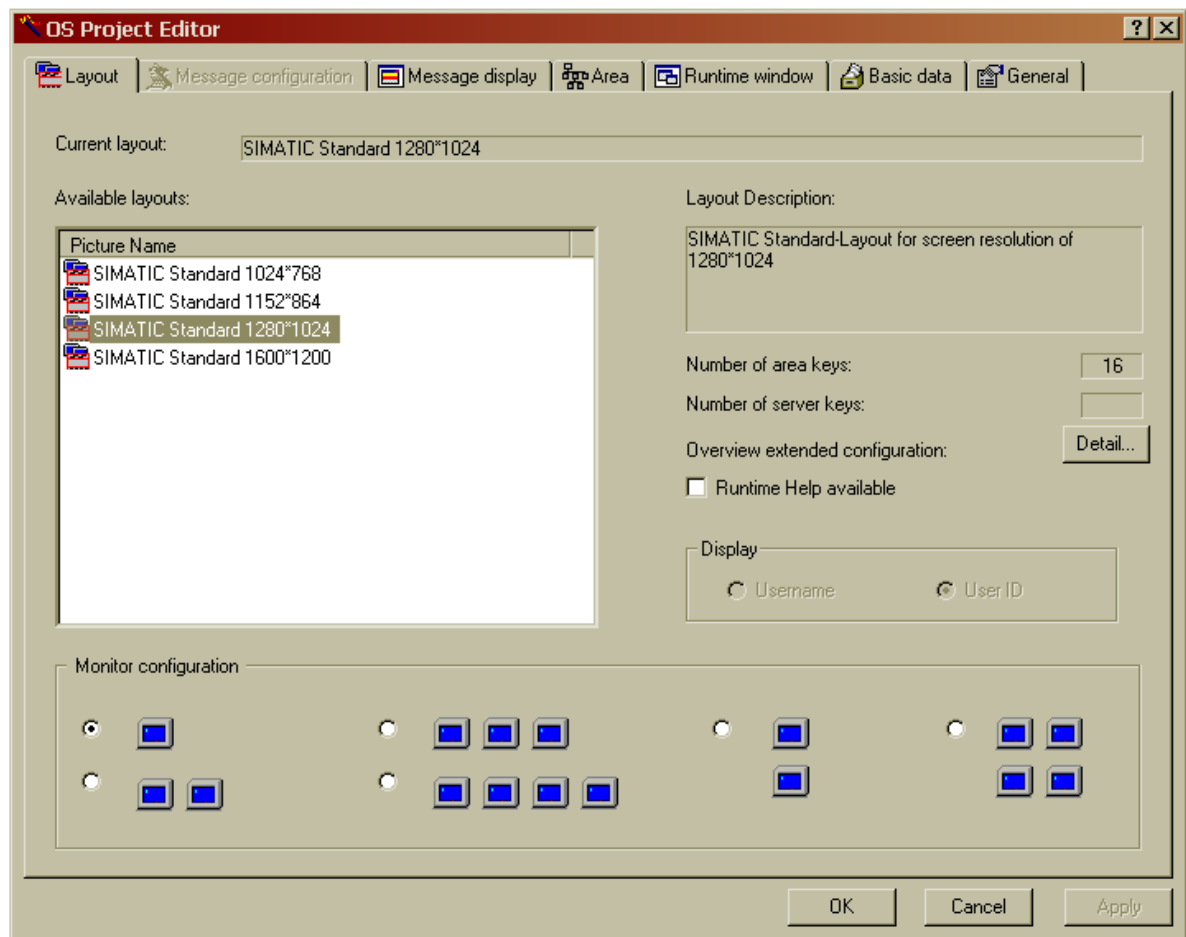


Figura 18. Configuración driver para comunicación.



- Configuración de la pantalla. Para facilitar el diseño de las pantallas, WinCC ofrece una aplicación llamada OS Project Editor (Figura 19), la cual permite configurar una pantalla con una resolución, un diseño predeterminados como plantilla de todas las pantallas del proyecto; esta plantilla posee toda la información básica necesaria para iniciar con el diseño de la interfaz; la información que se muestra en la plantilla son datos tales como: fecha, hora, barra de alarmas, botones de acceso directo a las pantallas existentes, logotipo de la empresa y mucha más información útil para el usuario durante la supervisión, véase Anexo E.

Figura 19. Os Project Editor.



- Administración de usuario. Para protección durante el uso de las pantallas por parte del usuario, en el momento que intenta acceder a beneficios y privilegios que solo tiene el administrador, WinCC ofrece una herramienta muy útil para filtrar el uso de las pantallas diseñadas; esta herramienta, consiste en la solicitud de un nombre y una contraseña (Figura 20); previamente durante el diseño se establecen estos beneficios y privilegios, véase Figura 21.

Figura 20. Nombre y contraseña.

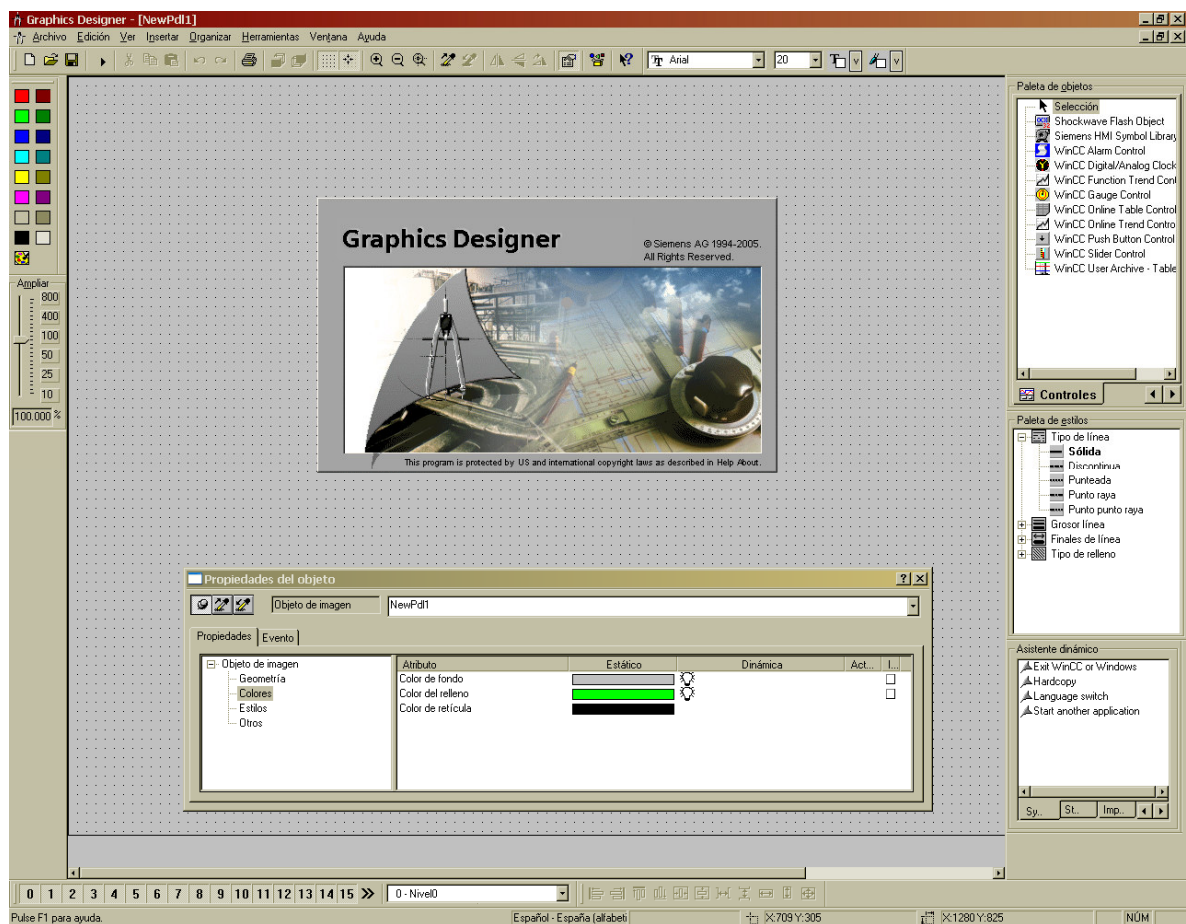
Figura 21. Configuración de privilegios.

Nº	Función	Autorización	Detalle Molino	Principal	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5
1	Administración de usuarios	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
2	Autorización de área	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
3	Cambio de sistema	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
4	Observar	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
5	Operaciones de bajo nivel	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
6	Operaciones de alto nivel	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
7	Sistema de informes	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
8	Manejar ficheros	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
1000	Activar remoto	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
1001	Configurar remoto	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle
1002	Dat@Monitor - Sólo observar!	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle	Red circle

6.6.2 Descripción de herramientas usadas. WinCC ofrece múltiples herramientas para el diseño de una HMI, en este caso se describen las usadas para la elaboración de la interfaz para el proceso de molienda.

- Entorno de diseño gráfico. Para el diseño del entorno gráfico WinCC posee una aplicación que despliega una plantilla de diseño que contiene paleta de colores, herramientas de figuras geométricas, base de datos de símbolos y figuras de dispositivos usados en procesos industriales, entre otras opciones gráficas que hacen muy interactivo y dinámico el momento de diseñar, véase Figura 21.

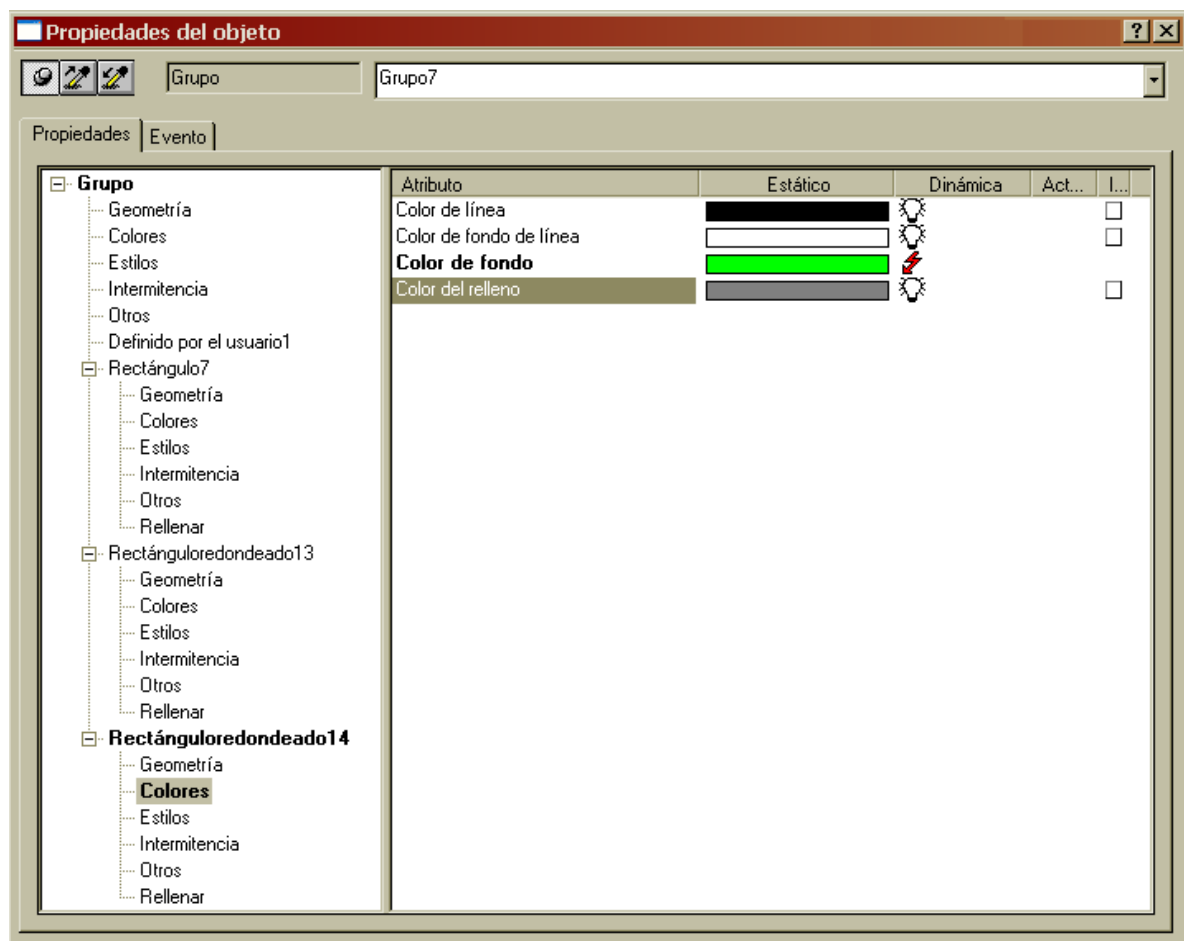
Figura 22. Entorno Graphics Designer.



El entorno de diseño gráfico de WinCC, permite realizar los dibujos por capas, permitiendo visualizar más rápido imágenes ocultas y establecer profundidades.

- **Propiedades de los objetos.** Cuando se crea algún objeto o pantalla en WinCC, adquiere una serie de propiedades que se pueden modificar para dinamizar el objeto; la mayoría de las dinámicas visuales que se crean en WinCC, se configuran desde la ventana de propiedades de los objetos. Entre las propiedades que se pueden configurar, se encuentran el color, tamaño, posición, visibilidad, intermitencia, asignación de eventos, enlaces con variables, en fin, desde esta ventana, se puede establecer una relación entre los gráficos y los datos internos del proceso, haciendo notar los cambios en ellos a través de los objetos, véase Figura 23.

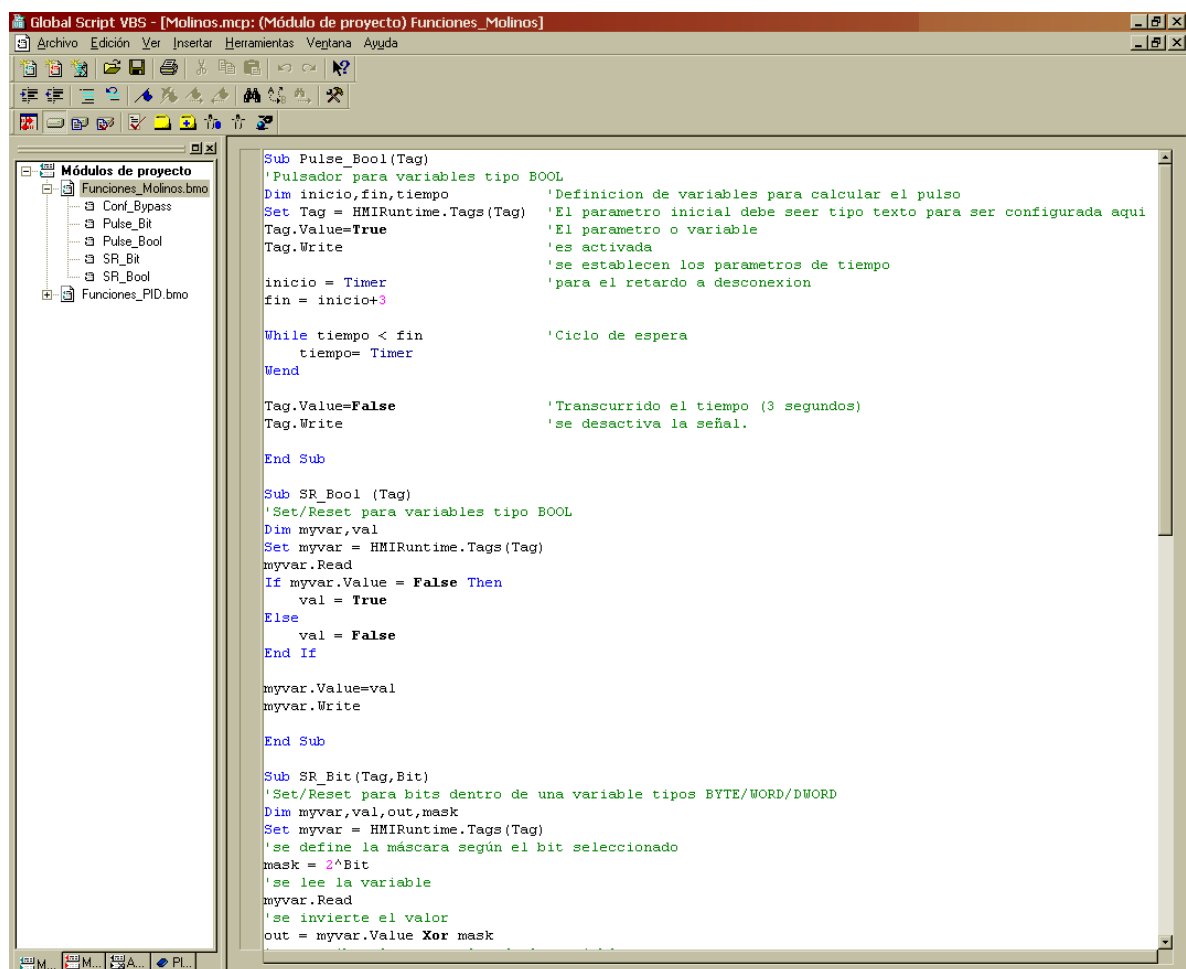
Figura 23. Ventana de propiedades.



- Creación de script. WinCC además de poseer un entorno gráfico completo, posee una aplicación que permite el uso de estructuras de lógica para programación por medio de un lenguaje Visual Basic, dando al diseñador la posibilidad de crear sus propias líneas de código para solucionar tanto problemas de cálculos y de operación, como problemas de visualización o de propiedades de los objetos, véase Figura 24.

En este proyecto se usa la herramienta de Visual Basic, pero WinCC cuenta con herramientas de programación en lenguaje C y SQL.

Figura 24. Global Script VBS.



Con la implementación de rutinas en el diseño de la interfaz, se pueden crear órdenes que el usuario envía al PLC; por ejemplo, habilitar algún dispositivo o iniciar el arranque del proceso.

- Configuración de alarmas. Para el diseño de una HMI, las alarmas son una parte fundamental que no se pueden dejar pasar por alto, ya que cualquier proceso en donde intervengan máquinas y dispositivos eléctricos o mecánicos, se pueden ver afectados en algún momento por una falla o un cambio brusco en los valores de proceso, y es necesario informar al usuario cuál fue la falla para que él pueda actuar de manera rápida y eficaz para corregirla. WinCC posee una aplicación que brinda todo un servicio de configuración de alarmas; esta aplicación se llama “Alarm Logging” (Figura 25) y permite hacer una lista de las diferentes alarmas de proceso (Figura 26), para enlazar cada una de estas con la variable o al evento que las ocasiona, además las clasifica según el reconocimiento que se le haga a la alarma por parte del usuario; este reconocimiento se clasifica como alarma aparecida, alarma desaparecida y alarma acusada, asignando un color diferente a cada una de ellas, véase Figura 27.

Las alarmas que se presentan durante el proceso, se observan en la barra de alarmas, (Figura 28) que posee la pantalla predeterminada usada en la configuración inicial de las pantallas; esta barra permanece visible siempre sin importar en qué pantalla de proceso se encuentre, permitiendo enterar al usuario del evento ocurrido en cualquier momento.

Además de las alarmas visuales en la pantalla, también se implementan en el cuarto de control unas luces intermitentes, bastante notorias, para avisar al usuario en el caso de presentarse una alarma; además se implementan alarmas sonoras como sirenas, pitos, etc. que también avisan al usuario del evento en caso que no lo note ni en la pantalla, ni en las luces; todas estas alarmas físicas se activan por las órdenes que envía el PLC a una dirección específica en donde se encuentra el dispositivo usado.

Figura 25. Alarm Logging.



Figura 26. Configuración de alarmas.

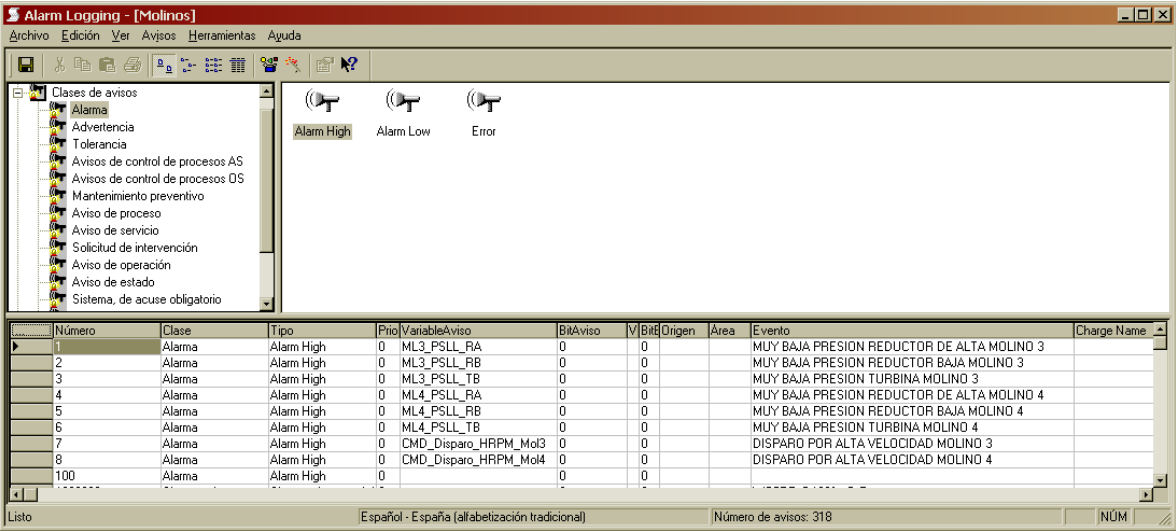


Figura 27. Clasificación de alarmas.

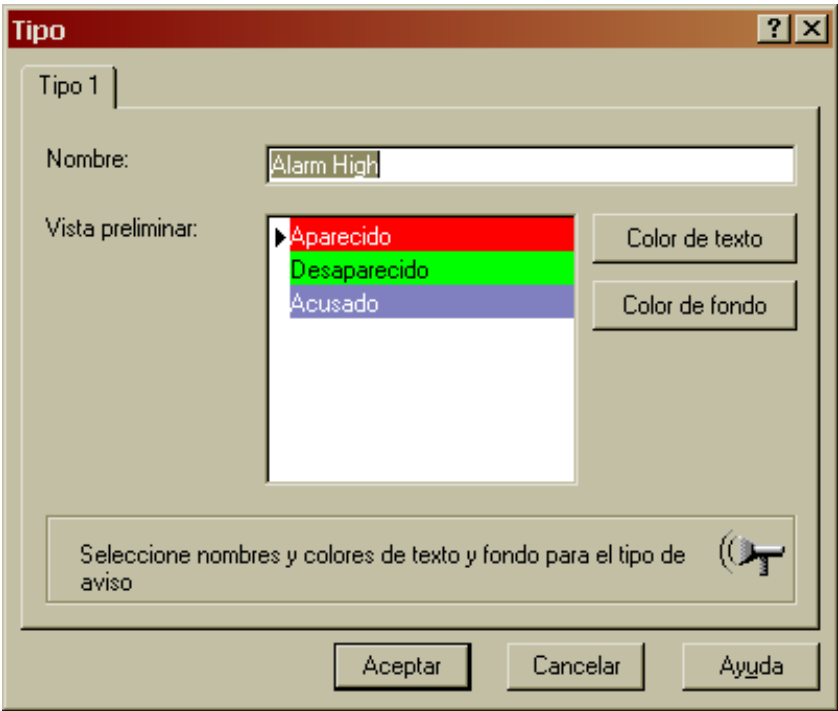


Figura 28. Barra de alarmas.

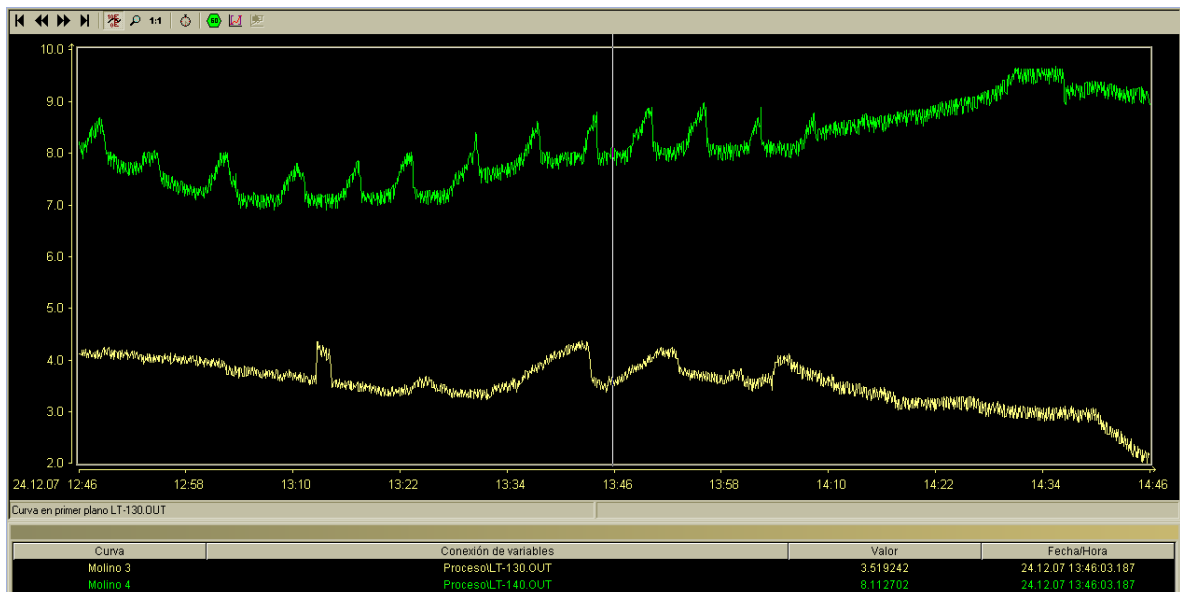


- Configuración de históricos. En un proceso industrial es necesario llevar un registro del comportamiento de las variables en el tiempo; WinCC ofrece una herramienta muy importante y novedosa que evita tener que usar un software independiente para llevar el registro de las variables.

Online Trend Control es la herramienta que ofrece WinCC para llevar los históricos de un proceso industrial, permitiendo una visualización de datos en forma gráfica usando curvas para interpretar su comportamiento en el tiempo, permitiendo analizar datos actuales o archivados.

La representación del progreso de una variable de proceso se realiza en el runtime usando un control ActiveX que se inserta y configura en una imagen en Graphics Designer y agregando las variables que desean observar, mostrando al usuario una plantilla gráfica que contiene una escala determinada según la variable graficada, véase Figura 29.

Figura 29. ActiveX Online Trend Control, históricos.



6.6.3 Configuración de la red de dispositivos. Para que WinCC reconozca los dispositivos que están conectados con la red de control, se deben agregar como hardware configurando su dirección PROFIBUS y asignándolos a una red previamente configurada en WinCC.

En el hardware se agrega:

- PLC.
- SIMOCODES.
- ET's
- Redes PROFIBUS.
- Red de Industrial Ethernet.
- Equipo Supervisor.
- Módulos de Comunicación.

Todos los dispositivos se deben enlazar tal cual se hace en el campo, para que no ocurran problemas de comunicación durante la ejecución del proceso.

Para la realización de esta HMI, se creó una red industrial Ethernet para la conexión del PC supervisor WinCC y el PC supervisor IFIX, véase Figura 30.

Cada uno de estos equipos supervisores se debe configurar según dirección IP, nombre del enlace, nombre del equipo, nombre del proyecto, etc. véase Figura 31 y Figura 32.

Figura 30. Red de industrial Ethernet

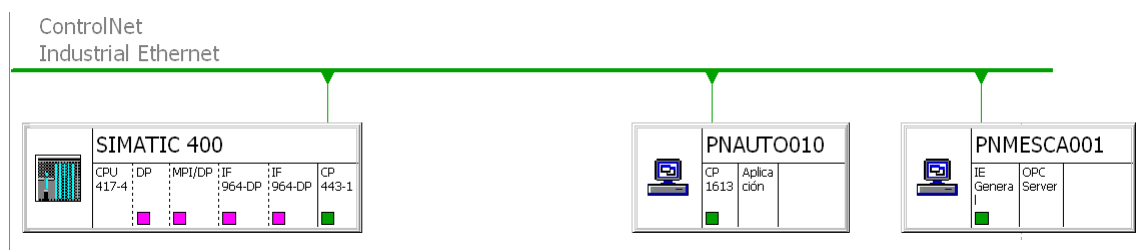


Figura 31. Propiedades equipo Supervisor WinCC.

Propiedades - Enlace S7

General | Informaciones de estado

Punto final local del enlace

- ☐ Enlace dinámico de configuración permanente
- ☐ Unilateral
- ☒ Iniciativa local
- ☐ Enviar avisos de estado operativo

Identificación Enlace

ID local: AS_OS_Link

Nombre VFD: Aplicación

Vía de enlace

	Local	Interlocutor
Punto final:	PNAUTO010/ Aplicación	SIMATIC 400/ CPU 417-4
Interface:	CP 1613	CP 443-1(R0/S5)
Subred:	ControlNet [Industrial Ethernet]	ControlNet [Industrial Ethernet]
Dirección:	192.168.0.10	192.168.0.12

TCP/IP ☒

Direcciones...

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 32. Propiedades equipo Supervisor IFIX.

Propiedades - Enlace S7

General | OPC | Informaciones de estado

Punto final local del enlace

- ☐ Enlace dinámico de configuración permanente
- ☐ Unilateral
- ☒ Iniciativa local
- ☐ Enviar avisos de estado operativo

Identificación Enlace

ID local: AS_Ifix_Link

Nombre VFD: OPC Server

Vía de enlace

	Local	Interlocutor
Punto final:	PNMESCA001/ OPC Server	SIMATIC 400/ CPU 417-4
Interface:	IE General	CP 443-1(R0/S5)
Subred:	ControlNet [Industrial Ethernet]	ControlNet [Industrial Ethernet]
Dirección:	192.168.0.14	192.168.0.12

Direcciones...

Aceptar Cancelar Ayuda

Se crearon cuatro redes PROFIBUS-DP, una para la conexión las ET 200S lado norte (Figura 33.) y de los paneles táctiles, otra para las ET 200S lado sur (Figura 34) y las otras dos redes se distribuyen entre sí todos los SIMOCODES usados para este proceso; véase Figura 35 y Figura 36. Para observar la conexión total del hardware y todas las redes, véase Figura 37.

Figura 33. Red PROFIBUS-DP1, ET 200S lado norte y TP.

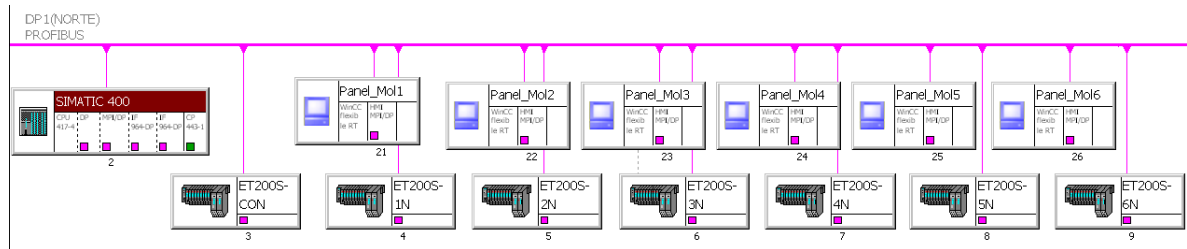


Figura 34. Red PROFIBUS-DP2, ET 200S lado sur.

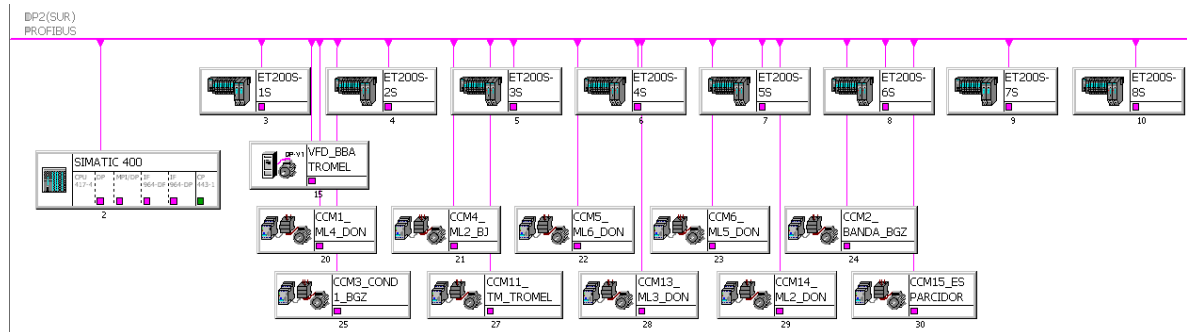


Figura 35. Red PROFIBUS-DP3, SIMOCODE-PRO.

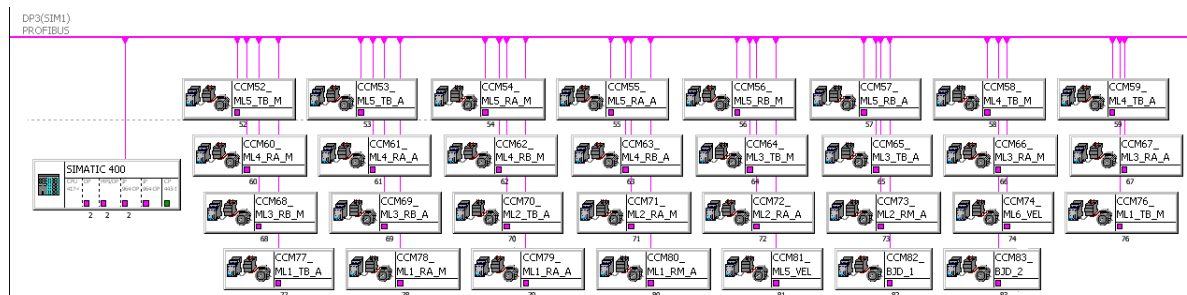


Figura 36. Red PROFIBUS-DP4, SIMOCODE-PRO.

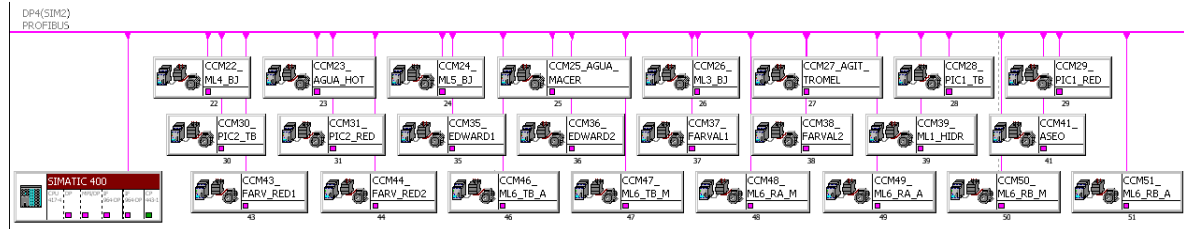
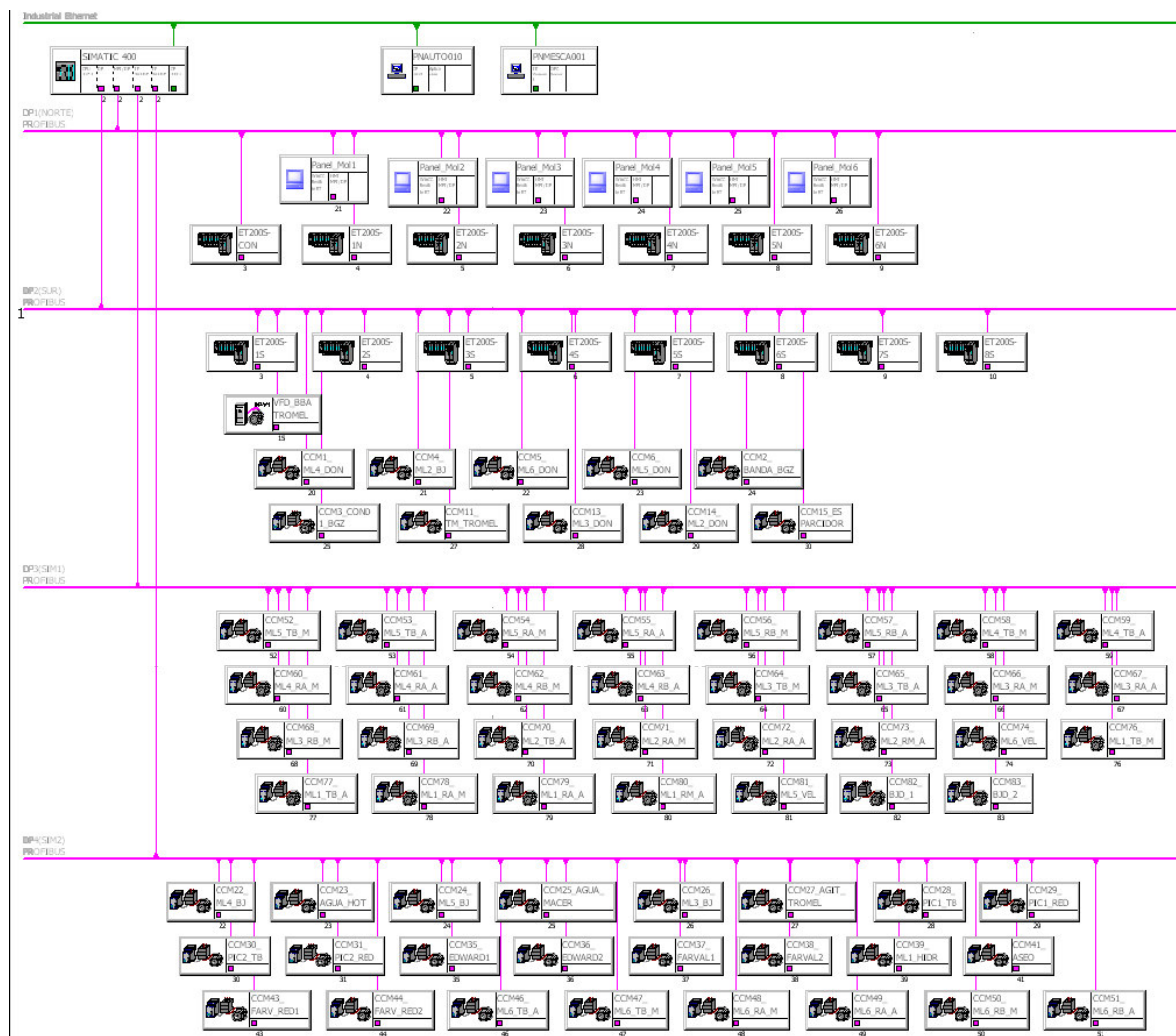


Figura 37. Sistema completo de red y hardware de control.



Los dispositivos descentralizados poseen una identificación según la red en que se encuentren enlazados, a continuación se muestra la dirección PROFIBUS-DP de cada uno de los dispositivos en la red de control, véase Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 8. Dirección DP1 y DP2 de los dispositivos descentralizados.

RED	DIRECCIÓN-DP	DIPOSITIVO
Maestro	2	PLC S7- 417
DP1 (Norte)	3	ET 200S CON
DP1 (Norte)	4	ET 200S 1N
DP1 (Norte)	5	ET 200S 2N
DP1 (Norte)	6	ET 200S 3N
DP1 (Norte)	7	ET 200S 4N
DP1 (Norte)	8	ET 200S 5N
DP1 (Norte)	9	ET 200S 6N
DP2 (Sur)	3	ET 200S 1S
DP2 (Sur)	4	ET 200S 2S
DP2 (Sur)	5	ET 200S 3S
DP2 (Sur)	6	ET 200S 4S
DP2 (Sur)	7	ET 200S 5S
DP2 (Sur)	8	ET 200S 6S
DP2 (Sur)	9	ET 200S 7S
DP2 (Sur)	10	ET 200S 8S
DP2	15	Variador Siemens
DP2	20	SIMOCODE – CCM1
DP2	21	SIMOCODE – CCM4
DP2	22	SIMOCODE – CCM5
DP2	23	SIMOCODE – CCM6
DP2	24	SIMOCODE – CCM2
DP2	25	SIMOCODE – CCM3
DP2	27	SIMOCODE – CCM11
DP2	28	SIMOCODE – CCM13
DP2	29	SIMOCODE – CCM14
DP2	30	SIMOCODE – CCM15

Tabla 9. Dirección DP3 de los dispositivos descentralizados.

RED	DIRECCIÓN-DP	DIPOSITIVO
DP3	52	SIMOCODE – CCM52
DP3	53	SIMOCODE – CCM53
DP3	54	SIMOCODE – CCM54
DP3	55	SIMOCODE – CCM55
DP3	56	SIMOCODE – CCM56
DP3	57	SIMOCODE – CCM57
DP3	58	SIMOCODE – CCM58
DP3	59	SIMOCODE – CCM59
DP3	60	SIMOCODE – CCM60
DP3	61	SIMOCODE – CCM61
DP3	62	SIMOCODE – CCM62
DP3	63	SIMOCODE – CCM63
DP3	64	SIMOCODE – CCM64
DP3	65	SIMOCODE – CCM65
DP3	66	SIMOCODE – CCM66
DP3	67	SIMOCODE – CCM67
DP3	68	SIMOCODE – CCM68
DP3	69	SIMOCODE – CCM69
DP3	70	SIMOCODE – CCM70
DP3	71	SIMOCODE – CCM71
DP3	72	SIMOCODE – CCM72
DP3	73	SIMOCODE – CCM73
DP3	74	SIMOCODE – CCM74
DP3	76	SIMOCODE – CCM76
DP3	77	SIMOCODE – CCM77
DP3	78	SIMOCODE – CCM78
DP3	79	SIMOCODE – CCM79
DP3	80	SIMOCODE – CCM80
DP3	81	SIMOCODE – CCM81
DP3	82	SIMOCODE – CCM82
DP3	83	SIMOCODE – CCM83

Tabla 10. Dirección DP4 de los dispositivos descentralizados.

RED	DIRECCIÓN-DP	DIPOSITIVO
DP4	22	SIMOCODE – CCM22
DP4	23	SIMOCODE – CCM23
DP4	24	SIMOCODE – CCM24
DP4	25	SIMOCODE – CCM25
DP4	26	SIMOCODE – CCM26
DP4	27	SIMOCODE – CCM27
DP4	28	SIMOCODE – CCM28
DP4	29	SIMOCODE – CCM29
DP4	30	SIMOCODE – CCM30
DP4	31	SIMOCODE – CCM31
DP4	35	SIMOCODE – CCM31
DP4	36	SIMOCODE – CCM31
DP4	37	SIMOCODE – CCM31
DP4	38	SIMOCODE – CCM31
DP4	39	SIMOCODE – CCM31
DP4	41	SIMOCODE – CCM41
DP4	43	SIMOCODE – CCM43
DP4	44	SIMOCODE – CCM44
DP4	46	SIMOCODE – CCM46
DP4	47	SIMOCODE – CCM47
DP4	48	SIMOCODE – CCM48
DP4	49	SIMOCODE – CCM49
DP4	50	SIMOCODE – CCM50
DP4	51	SIMOCODE – CCM51

6.6.4 Descripción de los TAG's. En un proceso industrial se necesita identificar los diferentes equipos de instrumentación, actuadores, variables, etc. en Ingenio Providencia S.A. para el proceso de molienda, en conjunto con el grupo de ingenieros de control y de automatización, se diseñó una nomenclatura basada en las Normas estandarizadas ANSI/ISA-5.1-1984 (R1992) para instrumentación Industrial, véase Anexo A; la nomenclatura diseñada, tiene unas pocas variaciones a comparación de las normas ya mencionadas.

El diseño de esta nomenclatura es una determinación conjunta entre el personal interno de automatización y control de Ingenio Providencia S.A. y este proyecto se acopla a la nomenclatura diseñada, véase Anexo B.

Los TAG's poseen un prefijo para un tipo de dispositivo o elemento y un consecutivo según la cantidad que existan de estos en el proceso; según los dispositivos para este proceso, existen los siguientes prefijos, véase Tabla 11.

Tabla 11. Prefijos de TAG's usados.

TAG	NOMBRE DEL INSTRUMENTO
PI	MANOMETRO DE PRESION
DT	TRANSMISOR DE DENSIDAD
FT	TRANSMISOR DE FLUJO (DPT)
FMG	TRANSMISOR DE FLUJO MAGNETICO
FIT	TRANSMISOR DE FLUJO VORTEX
PS	SWITCH DE PRESION
PT	TRANSMISOR DE PRESION
LS	SWITCH DE NIVEL
LI	MANOMETRO DE NIVEL
LT	TRANSMISOR DE NIVEL
TT	TRANSMISOR DE TEMPERATURA
TI	INDICADOR DE TEMPERATURA
TW	TERMOPOZO
PSE	DISCO DE RUPTURA
FO	ORIFICIO DE RESTRICCION
FE	PLATINA DE ORIFICIO
FCV	VALVULA DE CONTROL FLUJO
TCV	VALVULA DE CONTROL TEMPERATURA
LCV	VALVULA DE CONTROL NIVEL
PCV	VALVULA DE CONTROL PRESION
DCV	VALVULA DE CONTROL BRUX
DT	TRANSMISOR DE BRUX
FSV	FLUJO VALVULA SOLENOIDE (ON-OFF)

TAG	NOMBRE DEL INSTRUMENTO
TSV	TEMP. VALVULA SOLENOIDE (ON-OFF)
LSV	NIVEL VALVULA SOLENOIDE (ON-OFF)
PSV	VALVULA SEGURIDAD DE PRESION
ZT	TRANSMISOR DE POSICION
YI	CONFIRMACION
II	AMPERAJE MOTOR
SZ	VARIADOR DE VELOCIDAD
AA	ALARMA UDIBLE
AL	ALARMA VISUAL
VD	DETECTOR DE HUMO
HD	DETECTOR DE CALOR
VD	DETECCION DE CO2
GD	DETECTOR DE GAS
BD	DETECTOR DE LLAMA
MP	MOTOR BOMBA
MA	MOTOR AGITADOR
MD	MOTOR DOSIFICADORA
MU	MOTOR UNIVERSAL
FS	SWITCH DE FLUJO
YHOFF	SWITCH DE STOP
YHON	SWITCH START
IZ	SIMOCODE
YY	EVENTO DISPARO
ST	TRANSMISOR DE VELOCIDAD
SY	ACCION CAMBIO VELOCIDAD
YS	SWITCH SELECTION

Para la realización de este proyecto fue necesario el uso de varios tipos de TAG's, los cuales se caracterizan de la siguiente manera:

- Molinos. Los molinos no se identifican con un TAG dentro del proceso, pero sí aportan a la manera de asignar el consecutivo a los diferentes TAG's existentes dentro del proceso según el molino.

La asignación del consecutivo en los TAG's se realiza teniendo en cuenta una primera condición de ubicación general. Dentro del proceso de elaboración del azúcar, es decir, según en qué parte del proceso se encuentre el dispositivo o elemento a identificar, se asigna un número determinado; para el caso del proceso de molienda se asigna el número uno (1) en el primer número de los tres que contiene el consecutivo.

Según el número del molino en donde se encuentre el dispositivo, se le asigna este número al segundo número del consecutivo; este número varía entre uno (1) y seis (6) para los dispositivos que están dentro del conjunto de un molino y del número siete (7) en adelante para los dispositivos que no están en los molinos, pero que sí son usados dentro del proceso de molienda. El tercer número del consecutivo incrementa según la cantidad de dispositivos del mismo tipo que se encuentren funcionando en el conjunto de un molino.

- Dispositivos típicos. Aquí se clasifican los TAG's según el tipo de dispositivo usado en el proceso de molienda. los dispositivos usados con su respectivo TAG se nombran a continuación:

➤ Simocode:

IZ – 100; con este TAG se identifica un simocode dentro del grupo existente para molinos. El consecutivo aumenta según el número de simocodes existentes en este proceso.

➤ Variador de frecuencia:

SZ – 170; con este TAG se identifica el variador de velocidad de la bomba tromel en el proceso de molienda.

➤ Transmisor de nivel:

LT – 110; con este TAG se identifica un transmisor de nivel dentro del proceso de molienda; en este caso se trata del transmisor de nivel del chute del molino 1, el cual se encuentra ubicado en la dirección en EW 764.

➤ Swiche de presión:

PSL – 110; con este TAG se identifica un swiche de baja presión dentro del proceso de molienda; en este caso se trata del swiche de baja presión de aceite del molino 1, el cual se encuentra ubicado en la dirección E 9.0.

PSLL – 110; con este TAG se identifica un swiche de muy baja presión dentro del proceso de molienda; en este caso se trata del swiche de muy baja presión de aceite del molino 1, el cual se encuentra ubicado en la dirección E 9.1.

➤ Válvula de control de nivel:

LCV – 170; con este TAG se identifica una válvula que se usa como actuador dentro del lazo de control de nivel en el proceso de molienda; en este caso se trata de la válvula de control del nivel del tanque de agua de maceración, la cual se ubica en la dirección EW 830.

- Lazo de control. En el proceso de molienda sólo existen hasta el momento dos lazos de control y dentro del sistema se identifican de la siguiente manera:

➤ Tanque tromel:

CONT_C_1; con este TAG se identifica el control de nivel del tanque tromel dentro del sistema; este control se encuentra ubicado en el bloque de función FB1 en donde se ejecuta un PID internamente del PLC.

➤ Tanque de agua de maceración:

CONT_C_2; con este TAG se identifica el control de nivel del tanque de agua de maceración dentro del sistema, este control se encuentra ubicado en el bloque de función FB2 en donde se ejecuta un PID internamente del PLC.

6.6.5 Diseño de las pantallas. Después de realizar las configuraciones iniciales del software, después de aprender la manera en que se usan las diferentes herramientas que ofrece WinCC, después de configurar la red de control y el hardware, después de definir los TAG's y conociendo las direcciones en las que están enlazadas las variables del PLC, se puede dar inicio al diseño del entorno gráfico de la HMI.

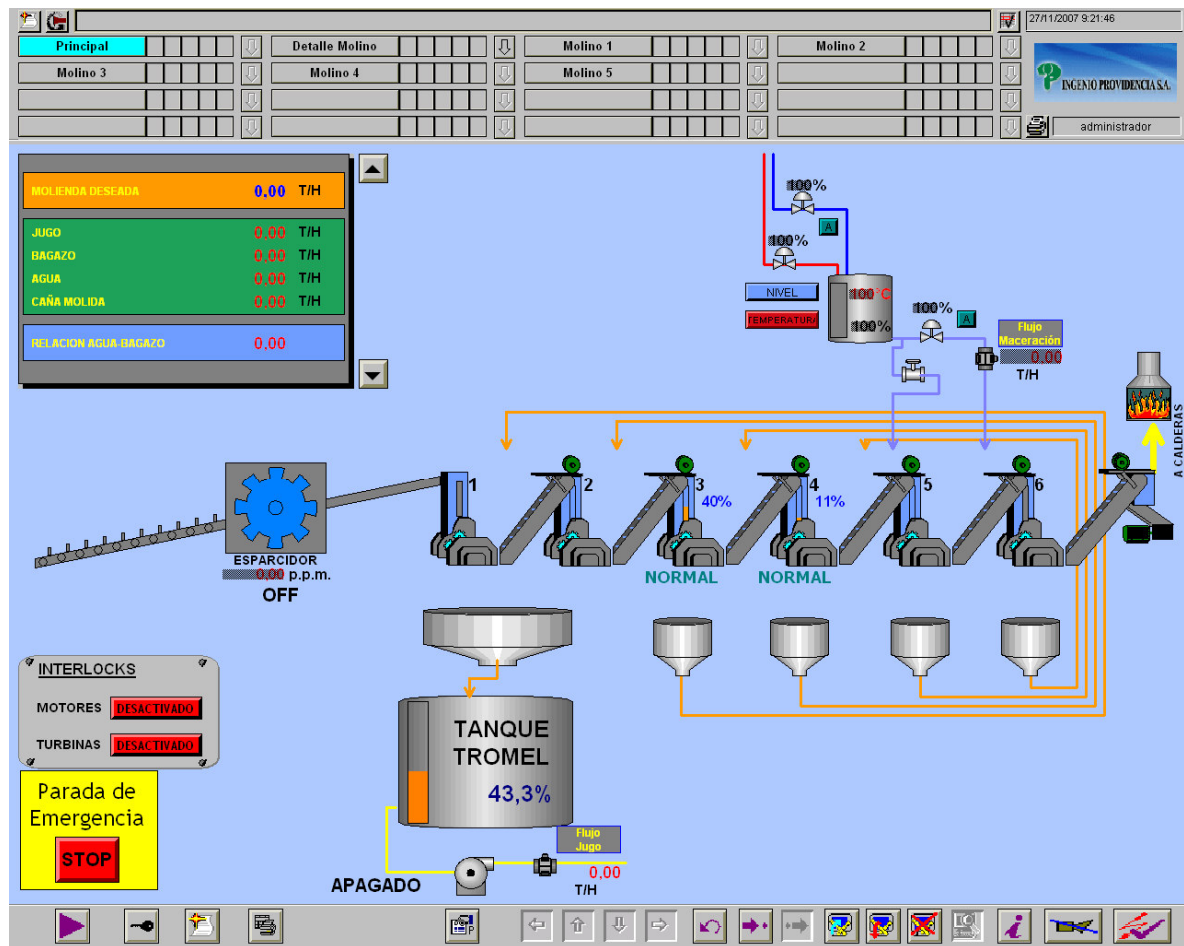
Teniendo en cuenta las necesidades gráficas del proyecto, se creó un estándar de colores (Anexo C) para los diferentes datos y variables que se visualizan en la HMI, con el fin de garantizar un orden y dar características propias entre los valores mostrados en pantalla, además brindar al usuario otra posibilidad de apreciar los datos y establecer diferencias entre ellos, porque al tener asignados diferentes colores para las diversas indicaciones y eventos existentes en la pantalla, facilita la identificación del dato que se observe a simple vista.

Este estándar diseñado, seguirá siendo aplicado a futuros diseños de interfaces que se realicen en Ingenio Providencia S.A.

Según el concepto escogido como solución para el problema de distribución y diseño de pantallas, la interfaz diseñada consta de las siguientes pantallas:

- Pantalla Principal. Se visualiza de forma general el proceso de molienda siguiendo el orden real del proceso y destacando los dispositivos más importantes e indispensables del mismo, permitiendo supervisar los datos de entrada y salida del proceso, véase Figura 38.

Figura 38. HMI, pantalla principal, PC supervisor WinCC.



En esta pantalla se controla el estado de los interlock's (enclavamiento) de los motores y de las turbinas direccionados en el DB50 0.0 y 0.1 del PLC, permitiendo trabajar a estos dispositivos del proceso de manera secuencial cuando están activos y de manera individual cuando están inactivos; esta señal de control es muy importante para proteger los equipos entre sí en el momento de presentarse un atascamiento de material o alguna falla de uno de los dispositivos.

Para la seguridad del proceso existe un botón de emergencia direccionado en DB50 0.2, que envía una señal de parada general que detiene todo el proceso; además de este stop en pantalla, existen físicamente dos botones de stop de emergencia que se encuentran en el campo y en el cuarto de control de molinos, brindando la posibilidad de detener el proceso desde varios puntos en el caso de ser necesario.

En la pantalla principal se puede monitorear el estado de cada molino y sus variables más importantes, como lo son el estado del motor del conductor y el nivel del chute (contenedor de material), evitando tener que buscar más a fondo de la HMI para saber cómo se encuentra funcionando el molino.

Para el acceso detallado de cada uno de los molinos, se accede haciendo click en la imagen del molino que contiene esta pantalla.

En el proceso de molienda, se necesita inyectar agua para macerar el material y así extraer al máximo el contenido de sacarosa que se encuentra en él.

En esta pantalla se encuentra el estado del tanque de agua de maceración, permitiendo observar el nivel en el que se encuentra y las respectivas válvulas de paso, el nivel es un dato tipo Word y se encuentra en la dirección EW 830 y se reconoce con el TAG LT-170; además se poseen dos botones que permiten ingresar al control de nivel y observar a que temperatura se encuentra el tanque.

Para el control de nivel se muestra en pantalla la ventana del PID (Figura 40) en donde se configura el controlador y se observa el comportamiento del mismo; los parámetros de controlador encuentran almacenados en el DB 48 del PLC.

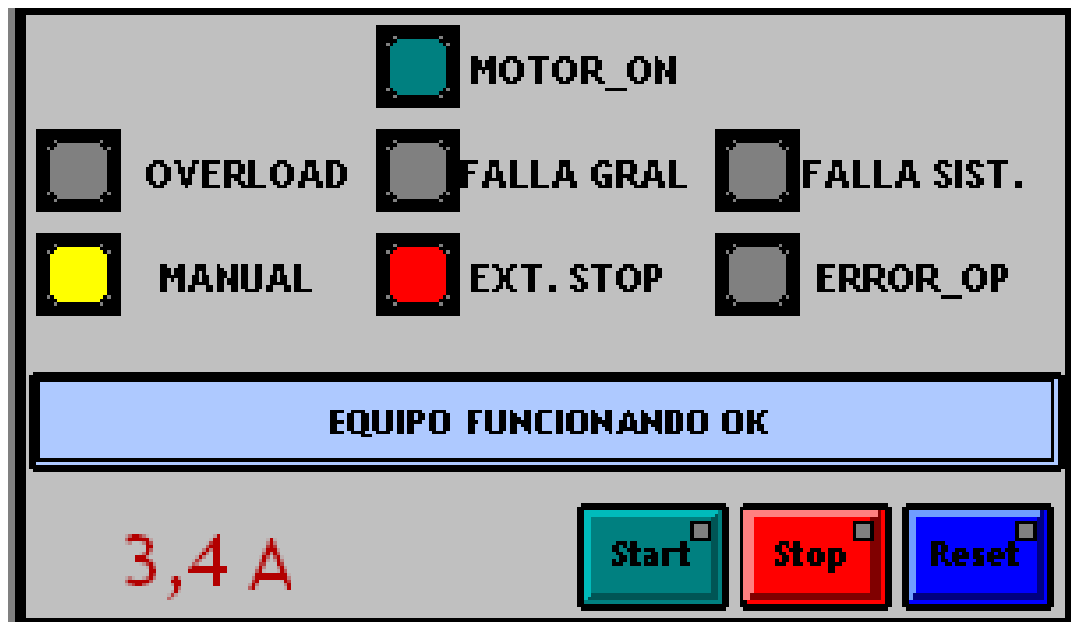
Cuando el jugo se extrae del material se deposita en el tanque tromel; desde la pantalla principal se puede observar el comportamiento de este tanque visualizando el nivel ubicado en un dato tipo Word en la dirección EW 768 y se reconoce con el TAG LT-100, también se visualiza el estado y control del mismo. Para el control se tiene una ventana en donde se muestra el estado del variador que evacua el jugo del tanque y los parámetros del controlador PID, véase Figura 42.

- **Ventana Control Motores.** Esta ventana sirve para el control de los motores que se encuentran conectados en el proceso usando simocode; desde aquí se realiza el arranque y parada del motor y se indican las posibles fallas que puedan ocurrir, además se muestra el valor de la corriente y mensajes de estado que son muy útiles para el usuario. Los avisos que se muestran en esta ventana, son sobrecarga, señal de stop, falla del sistema, falla general, error de operación, estado del motor, manual o automático y tres botones, start, stop y reset, véase Figura 39.

Para su funcionamiento esta pantalla usa la herramienta de WinCC para estructura de variables, permitiendo así usar una misma ventana para todos los motores de arranque directo del proceso que se encuentren conectados al proceso usando simocode.

En el programa de control que se encuentra en el PLC, se cuenta con un bloque programado exclusivo para cada simocode conectado en la red; estos bloques reciben las señales que envía el simocode por comunicación para luego ser interpretadas y direccionadas al WinCC; esta interpretación se logra apuntando a la dirección profibus del simocode y posteriormente leyendo la palabra de estado del mismo; esta palabra es un dato de 16 bits que envía el simocode para confirmar su estado actual y así poder interpretar si se encuentra funcionando perfectamente o si está en falla.

Figura 39. Ventana de control para motores con simocode.



Los objetos que posee esta ventana son los siguientes:

- *Motor_on*: Estado, indica el estado en que se encuentra el motor, si está encendido o apagado.
- *Overload*: Sobrecarga, indica si el motor está en sobre carga.
- *Falla Gral*: Falla general, indica si hay una falla de comunicación entre el simocode y el PLC.
- *Falla Sist*: Falla del sistema, indica si hay una falla en el sistema del motor, por ejemplo, si el enclavamiento falla y el motor no arranca.
- *Manual*: Modo, indica el modo de funcionamiento del motor, el cual puede ser manual o automático.
- *Ext. Stop*, Stop externo, indica si existe alguna señal de stop que impida el funcionamiento del motor.
- *Barra de mensajes*: arroja mensajes al operario para proporcionar información sobre la situación actual del motor.
- *Amperaje*: indica el valor de la corriente que posee el motor en un momento determinado.
- *Botón Start*: Envía una señal para encender el motor.
- *Botón Stop*: Envía una señal para detener el motor.
- *Botón Reset*: Envía una señal para reiniciar el motor en el caso de una falla.

Esta ventana envía las señales al PLC y desde ahí se envían las órdenes por profibus al simocode según el motor controlado; el simocode envía al PLC señales de confirmación y de falla, que son muy importantes para realizar el control desde el PLC.

A continuación se muestra un ejemplo para explicar la forma en que se realiza el direccionamiento del WinCC con un simocode. Como ejemplo se toma el enlace con el simocode del motor del conductor donelly del molino #4.

Ejemplo de comunicación con el simocode. El enlace entre el PLC y SIMOCODE se realiza por comunicación profibus y entre ellos se intercambian datos de estado y mando; el simocode envía al PLC dos datos tipo word, uno de los datos es la palabra de estado y otro es el valor de la corriente del motor en porcentaje. El PLC envía al simocode un dato tipo word y se conoce como la palabra de mando.

La dirección de la palabra de estado se ubica en EW 856, la dirección de la palabra de la corriente se ubica en EW 858 y la dirección de la palabra de mando se ubica en AW 53. La configuración de estas palabras se encuentra de la forma "BIG INDIAN" en donde el byte mas significativo se encuentra al lado derecho y el byte menos significativo al lado izquierdo.

Los bits de la palabra de estado se usan de la siguiente manera:

En el byte menos significativo:

- 0. no conectado
- 1. confirmación de OFF
- 2. confirmación de ON
- 3. sobrecarga
- 4. no conectado
- 5. modo remoto o local
- 6. falla general
- 7. estado de alarma

En el byte mas significativo:

- 0. entrada 1
- 1. entrada 2
- 2. entrada 3
- 3. entrada 4
- 4. no conectado
- 5. no conectado
- 6. no conectado
- 7. no conectado

Esta palabra es de libre configuración y se programa en el simocode.

Los bits de la palabra de mando se usan de la siguiente manera.

En el byte menos significativo:

- 0. no conectado
- 1. Stop
- 2. Start
- 3. Reset
- 4. no conectado
- 5. no conectado
- 6. no conectado
- 7. no conectado

En el byte mas significativo:

- 0. no conectado
- 1. no conectado
- 2. no conectado
- 3. no conectado
- 4. no conectado
- 5. no conectado
- 6. no conectado
- 7. no conectad

Las demás señales que se involucran en el control del motor se envían como un dato tipo word en la dirección de instancia DB 241,2 al bloque creado en el PLC para el simocode; esta palabra tiene la siguiente configuración.

En el byte menos significativo:

0. falla
1. manual /automático
2. interlock
3. enclavamiento
4. bypass
5. Start manual
6. Stara automático
7. Stop externo

En el byte mas significativo:

0. Reset
1. no conectado
2. no conectado
3. no conectado
4. no conectado
5. no conectado
6. no conectado
7. no conectado

Estas señales son las que se envían desde la estructura de variables creada para el motor del donelly 4 en WinCC. La conexión de WinCC con el bloque del simocode para este motor, se realiza a través del DB de instancia 241.

La palabra de la corriente llega a un bloque en el PLC que la parametriza convirtiéndola en un dato de formato real, el cual se limita según el valor de la corriente máxima que aparece en la placa del motor, este valor de corriente máxima se agrega en el bloque de parametrización.

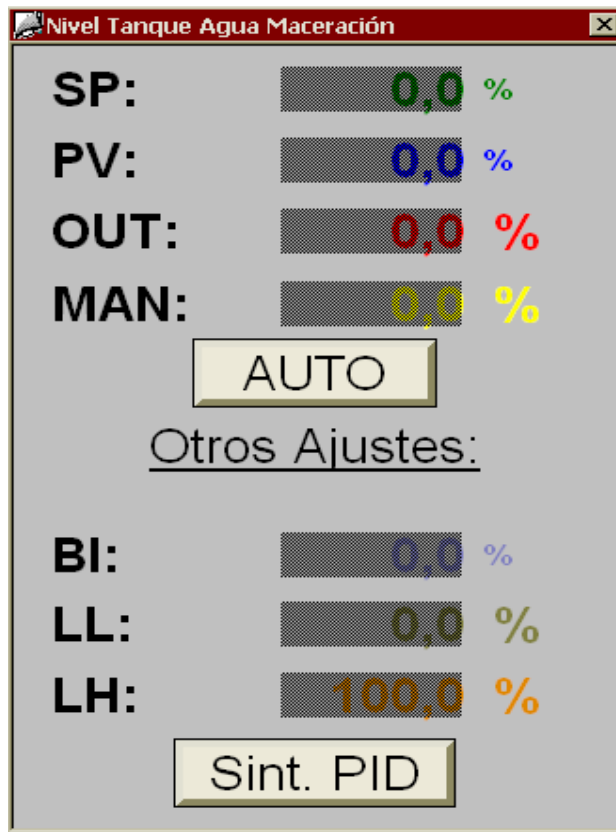
- Ventana control PID. Esta ventana (Figura 40) se diseñó debido a que en el control implementado interviene un controlador PID para el nivel del tanque de agua de maceración, el cual ha sido programado previamente en el PLC. El PID se encarga de mantener el nivel del tanque en un valor que el usuario indique en el setpoint del controlador y evitar el alto o bajo nivel del tanque; en esta ventana se aprecia la variable de proceso, valor manual del controlador, offset, límite bajo, límite alto, salida de control y setpoint ya mencionado anteriormente, además el usuario puede modificar estos parámetros; todos estos valores se manejan en porcentaje.

Esta ventana posee un botón que activa el estado manual o automático del control, en el caso de ser necesario mantener la salida del control en un valor fijo. Es posible observar el comportamiento de los parámetros del controlador activando un botón que se encuentra en la parte inferior de la ventana, el cual muestra en pantalla una ventana construida aplicando el mismo control ActiveX que se usa para graficar las variables en la pantalla de los históricos, véase Figura 42.

La ventana de PID utiliza también la herramienta de estructura de variables para el almacenamiento de sus datos, ya que si se llegara a implementar otro controlador en otro punto del proceso, no sería necesario crear otra ventana, solamente se crearía una nueva estructura de variables enlazada a la ventana ya existente.

Para observar el diagrama de control de nivel del tanque de agua de maceración, véase Figura 41.

Figura 40. Ventana control PID.



Los objetos que contiene esta ventana son:

- SP: Setpoint
- PV: Variable de proceso
- OUT: Salida de control
- MAN: Valor de control manual
- Botón AUTO: Manual / Automático.
- BI: Bias (Offset)
- LL: Límite Bajo.
- LH: Límite Alto
- Botón Sint. PID: Ver Gráficas del controlador.

Figura 41. Diagrama de control de nivel del tanque de agua maceración.

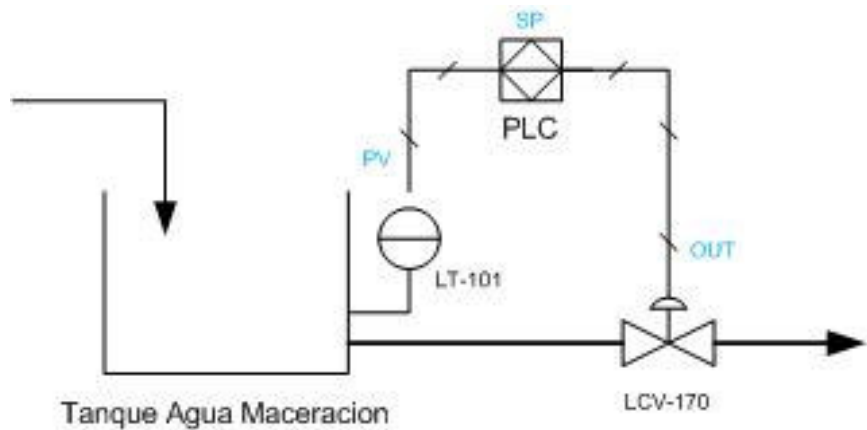
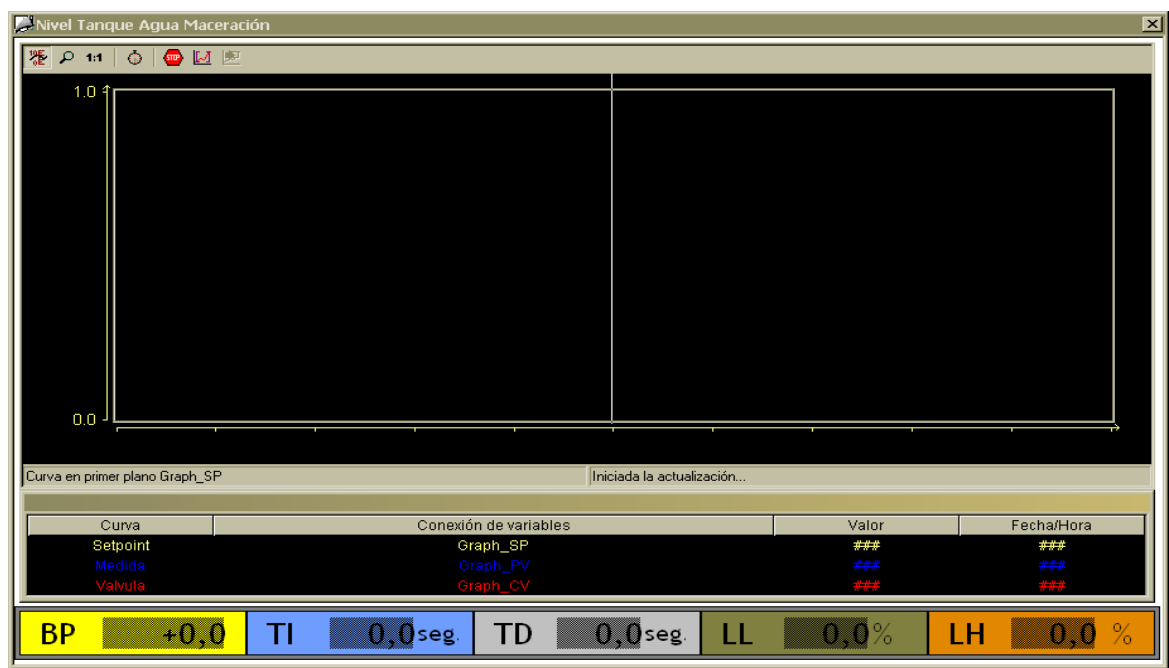


Figura 42. Ventana de Gráficas de Parámetros del controlador PID.



En esta ventana se observa el valor de la banda proporcional, del tiempo integral, del tiempo derivativo, límite bajo y límite alto en la parte inferior de la ventana; los parámetros del controlador sólo se pueden modificar por el administrador para evitar problemas en el controlador por errores de operación.

Las gráficas que se pueden observar en la ventana son: setpoint, variable de proceso y salida del controlador; estas gráficas son necesarias para observar el comportamiento del lazo de control.

- Ventana control variador. Esta ventana (Figura 43) está dividida en dos secciones verticales; cada una de estas secciones cumple con una función específica y son las siguientes:

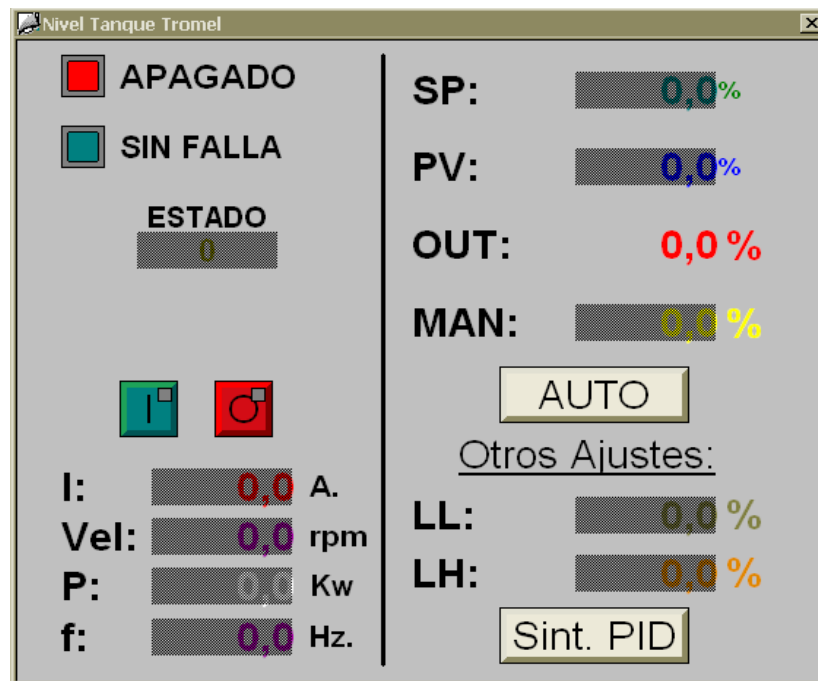
En la sección ubicada en la parte izquierda de la ventana se encuentran dos botones que envían la señal de arranque y parada al variador, también se encuentran datos como la frecuencia, corriente, estado, potencia, velocidad y falla de comunicación.

En el lado derecho de la ventana, se encuentra el controlador PID, el cual posee los parámetros ya mencionados anteriormente para este tipo de controlador. Con el controlador que se enlaza esta ventana se regula el nivel del tanque tromel según el setpoint de nivel indicado haciendo variar la velocidad de la bomba de salida del tanque.

Desde este ventana de control PID de nivel del tanque tromel, también se puede invocar la ventana para graficar el comportamiento del controlador y poder observar el valor de sus parámetros; la ventana usada para realizar la revisión del controlador, es la misma que utiliza la ventana del control de nivel del tanque de agua de maceración para hacer el seguimiento del control, véase Figura 42.

Para observar el diagrama de control de nivel del tanque tromel, véase Figura 44.

Figura 43. Ventana control variador tanque tromel y controlador PID.



A continuación se explica la forma en que se realiza el direccionamiento de WinCC con el variador de la bomba tromel.

Comunicación con el variador. El enlace entre el PLC y el variador se realiza por comunicación profibus y entre ellos se intercambian datos de estado y comando; el variador envía al PLC seis datos tipo word, estos datos son: palabra de estado, palabra de corriente, palabra de potencia, palabra de numero de falla, palabra de velocidad y palabra de frecuencia.

El PLC envía al variador dos datos tipo word y se conocen como la palabra de comandos y la palabra del setpoint de velocidad.

La dirección de la palabra de estado se ubica en EW 1514, la dirección de la palabra de la corriente se ubica en EW 1516, la dirección de la palabra de potencia se ubica en EW 1518, la dirección de la palabra de numero de falla se ubica en EW 15120, la dirección de la palabra de velocidad se ubica en EW 1522 y la dirección de la palabra de frecuencia se ubica en EW 1524. La palabra de comandos se direcciona en AW 800 y la palabra de setpoint se direcciona en AW 802.

Todos estos datos tipo word se parametrizan, excepto la palabra de estado y la palabra de numero de falla, debido a que las palabras que si se parametrizan se usan para mostrallas en pantalla como un dato en formato real.

Los comandos que se envían al variador son:

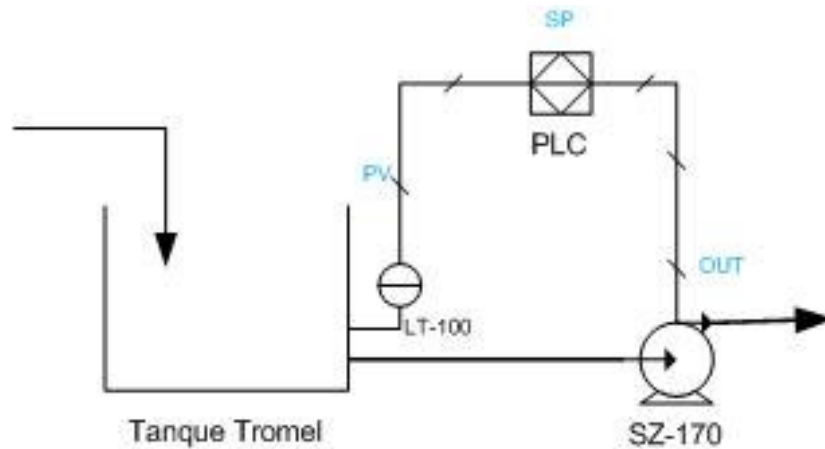
- Comando de parada : 4FE Hex.
- Comando de arranque: 4FF Hex.

La palabra de setpoint de velocidad lleva este dato para el controlador PID que posee el variador.

Los bits de la palabra de estado del variador.

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 0. listo para la conexión | 8. desviación consigna valor real |
| 1. listo para el servicio | 9. PZD mando solicitado |
| 2. servicio | 10.frecuencia de comparación ok |
| 3. falla | 11.subtension |
| 4. des.2 | 12.excitación del CP |
| 5. des.3 | 13.GdR activo |
| 6. bloqueo a la conexión | 14.cambio de giro |
| 7. alarma | 15.KIP/FLU activo |

Figura 44. Diagrama de control de nivel del tanque tromel.



- Ventana estado turbina. Esta ventana es muy importante para el proceso, porque aquí se muestra el estado de las señales de las que depende la turbina para su buen funcionamiento y mantenerse en marcha, ya que en el momento de una parada de la turbina, el operario podrá dirigirse a esta ventana y detectar cuál fue la señal exacta que provocó el paro de la turbina y así solucionar el problema de manera más rápida.

Se diseñó una ventana para cada turbina pero el modelo de todas las ventanas es el mismo, visualizándose en ella el estado de la turbina, los swiches de baja presión de aceite de las bombas de lubricación, señales de stop e interlock, véase Figura 45.

Por ejemplo, para la turbina del molino 4, los objetos de esta ventana se encuentran direccionados de la siguiente manera véase Tabla 12.

Tabla 12. Señales de ventana estado turbina molino 4.

NOMBRE	TAG	DIRECCION
Interlock de turbinas	YY - 106	DB50 0.1
Swiche de muy baja presión de aceite	PSLL- 130	E17.1
Confirmación del donelly 3	YI - 130	DB50 5.5
Swiche de muy baja presión de aceite del reductor de alta	PSLL- 131	E16.6
Swiche de muy baja presión de aceite del reductor de baja	PSLL- 132	E16.1
Swiche de confirmación de la turbina	YI - 130	E16.5
Stop de emergencia	YH - 100	DB50 0.2.

Todas estas señales controlan el estado de la turbina. Cuando los swiches de muy baja presión de aceite se encuentran desactivados, la turbina marcha normalmente. La turbina necesita que su sistema mecánico de reductores de velocidad siempre esté lubricado, pero en el momento en que uno de los swiches de muy baja presión de aceite se activa, la turbina se detiene para proteger el proceso y su sistema mecánico.

Figura 45. Modelo ventana de estado de turbina.



- Pantalla Lubricación. En el proceso de molienda es muy importante la lubricación de las turbinas y de los reductores de velocidad, cada molino posee sus bombas de lubricación para su sistema de movimiento.

La pantalla diseñada (Figura 46) para la lubricación es un conjunto detallado de control de los diferentes motores que intervienen para cada molino; en esta pantalla se visualizan varias ventanas de control de motores por simocode (Figura 39), según el número de motores que el sistema de lubricación del molino observado posea.

Figura 46. HMI, pantalla lubricación molinos, PC supervisor WinCC.

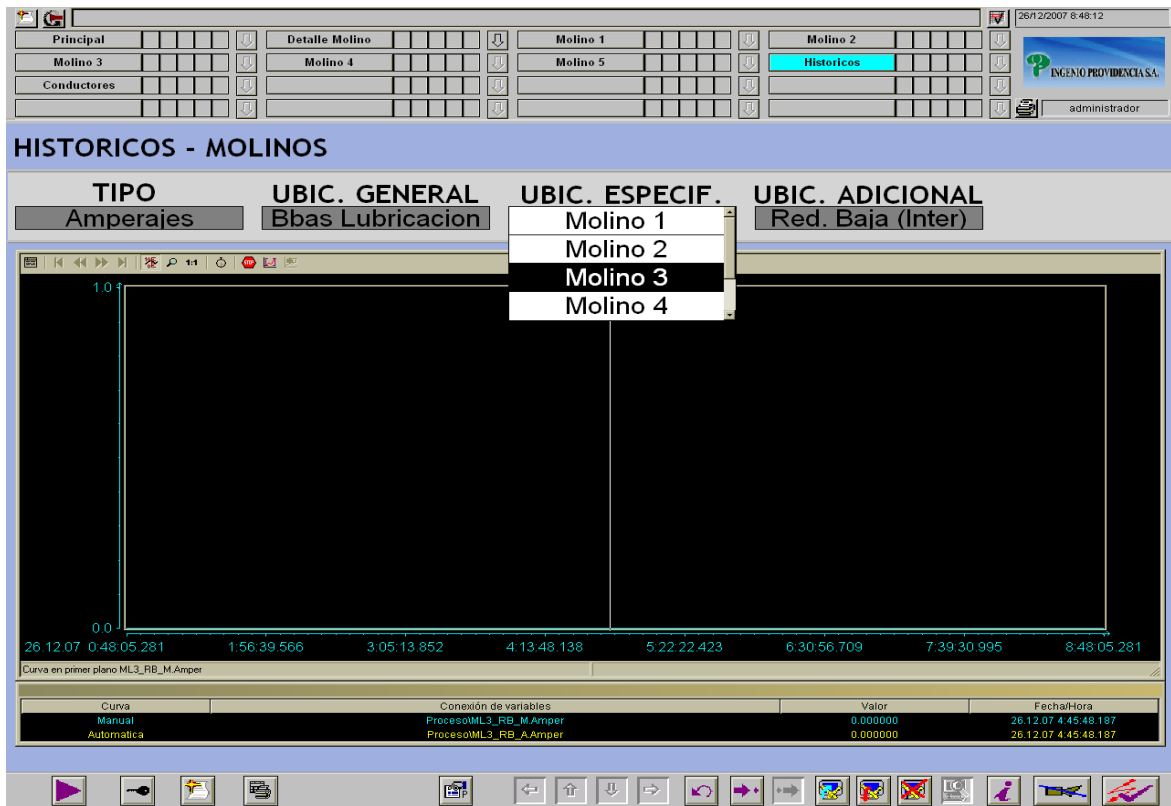


En esta pantalla se controla la activación de los motores de las bombas automáticas desde un botón que simula ser una palanca para facilitar la interpretación del mismo; esta activación se aplica en esta pantalla, debido a que en el momento en que la presión de aceite baje, las bombas automáticas se activan para compensar esa falta de presión y no dejar que el sistema de la turbina se dispare.

En el proceso cada molino posee su propio sistema de lubricación para sus reductores mecánicos de velocidad; en la HMI diseñada, se construyeron tres pantallas de lubricación, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: lubricación del molino 1, lubricación molino 2 y lubricación de molinos 3, 4, 5, 6; esta última pantalla de lubricación se usa con estructuras de variables, ya que el sistema de lubricación de los últimos cuatro molinos del proceso es exactamente igual.

- Pantalla de Históricos. Esta pantalla (Figura 47) se diseñó con unos submenús ubicados en la parte superior, que permiten seleccionar las variables que se desean visualizar dependiendo su ubicación en el proceso, por ejemplo, puede dirigirse a cada molino y así filtrar sólo las variables que pertenecen al molino escogido y así facilitar la búsqueda de las mismas.

Figura 47. HMI, pantalla de históricos, PC supervisor WinCC.



Las variables se encuentran agrupadas por tipos para su visualización, evitando bombardear al operario con gráficas que no tengan ninguna relación y no se puedan comparar. Todas las variables que se visualizan en esta pantalla han sido agregadas previamente durante su diseño y sólo pueden ser modificadas por el administrador y no por el operario, quien sólo podrá seleccionarlas y visualizarlas.

Los históricos construidos para este proceso permiten guardar información de las variables durante un mes en un solo fichero; el fichero que guarda la información de las variables de los históricos, tiene un peso de un (1) GigaByte; cuando el fichero llega al límite, automáticamente se crea un nuevo fichero. La pantalla de históricos no posee un límite de variables para graficar, pero es recomendable solo graficar hasta 8 variables y así poder apreciar claramente las curvas. Para este proyecto el número máximo de variables que se graficaron en una sola ventana fue de seis.

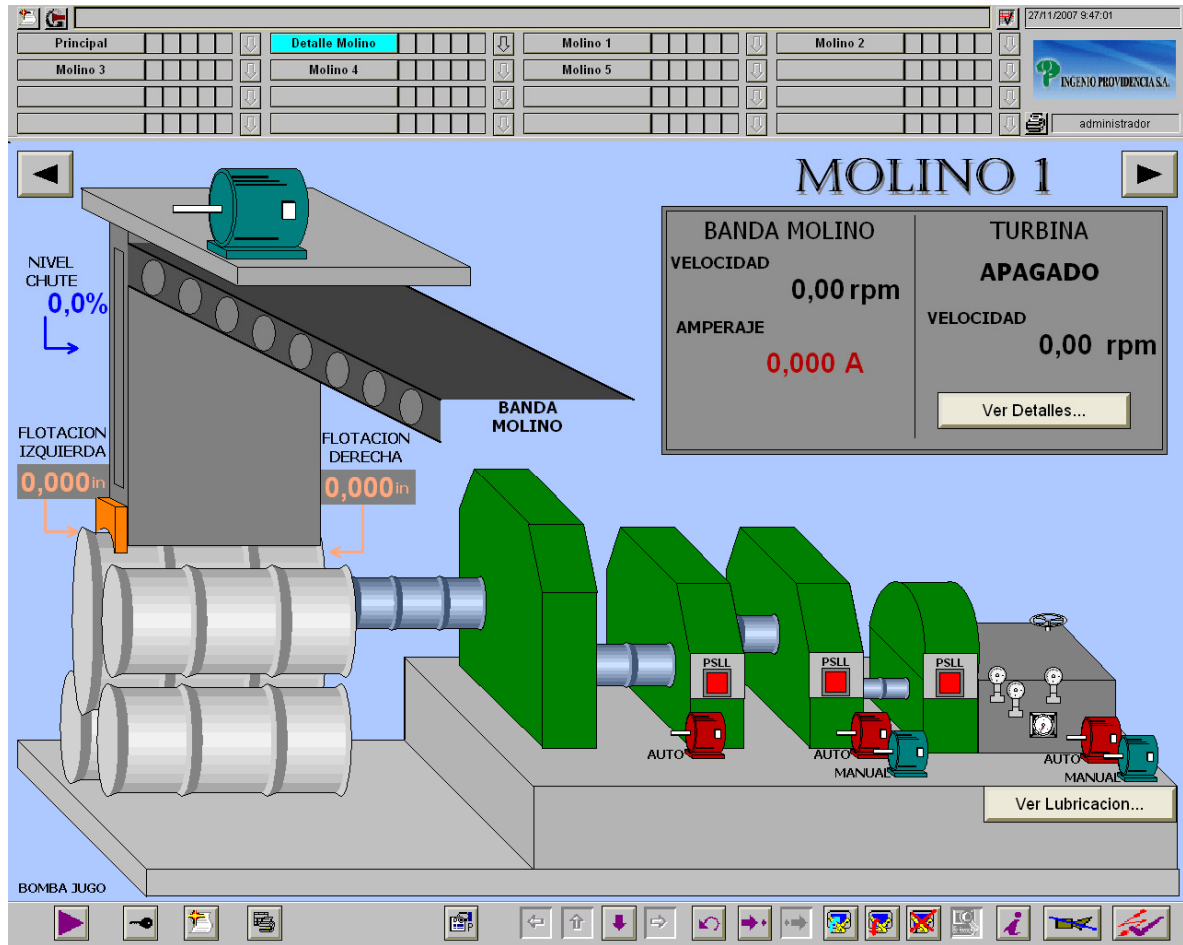
- Pantalla Molino #1. Esta pantalla (Figura 48) permite la visualización de todas las variables de proceso que intervienen solamente en el molino #1, teniendo en cuenta el orden de los dispositivos y su interconexión para el correcto funcionamiento de este molino.

Se muestra de manera gráfica la turbina y los diferentes reductores de velocidad que posee este molino con sus respectivas bombas de lubricación, con las cuales se visualiza el estado en que se encuentran según la norma de colores creada; además se nota el estado de los switches de muy baja presión de aceite de cada uno de los diferentes reductores de velocidad para realizar una rápida identificación de la falla en el caso que se dispare la turbina.

Otras variables que se pueden visualizar en esta pantalla, son las flotaciones de las masas, las cuales se encuentran direccionadas en EW760 y EW 762 con formato de dato tipo Word, el nivel del chute ubicado en la dirección EW764 como dato tipo Word; además se poseen dos botones que son muy importantes en esta pantalla, ya que se encuentran enlazados con ventanas que muestran detalles de visualización y de control; una es la ventana de estado de turbina y la otra ventana es la pantalla de control de lubricación, ya explicadas anteriormente.

Los estados de los diferentes motores en esta pantalla, se aprecian gracias a la norma de colores diseñada. Además, en la parte superior de esta pantalla, se encuentran los botones que indican el sentido izquierdo y el derecho; éstos se utilizan para moverse entre las pantallas pertenecientes a cada molino y facilitar una navegación rápida entre estas pantallas.

Figura 48. HMI, pantalla molino #1, PC supervisor WinCC.

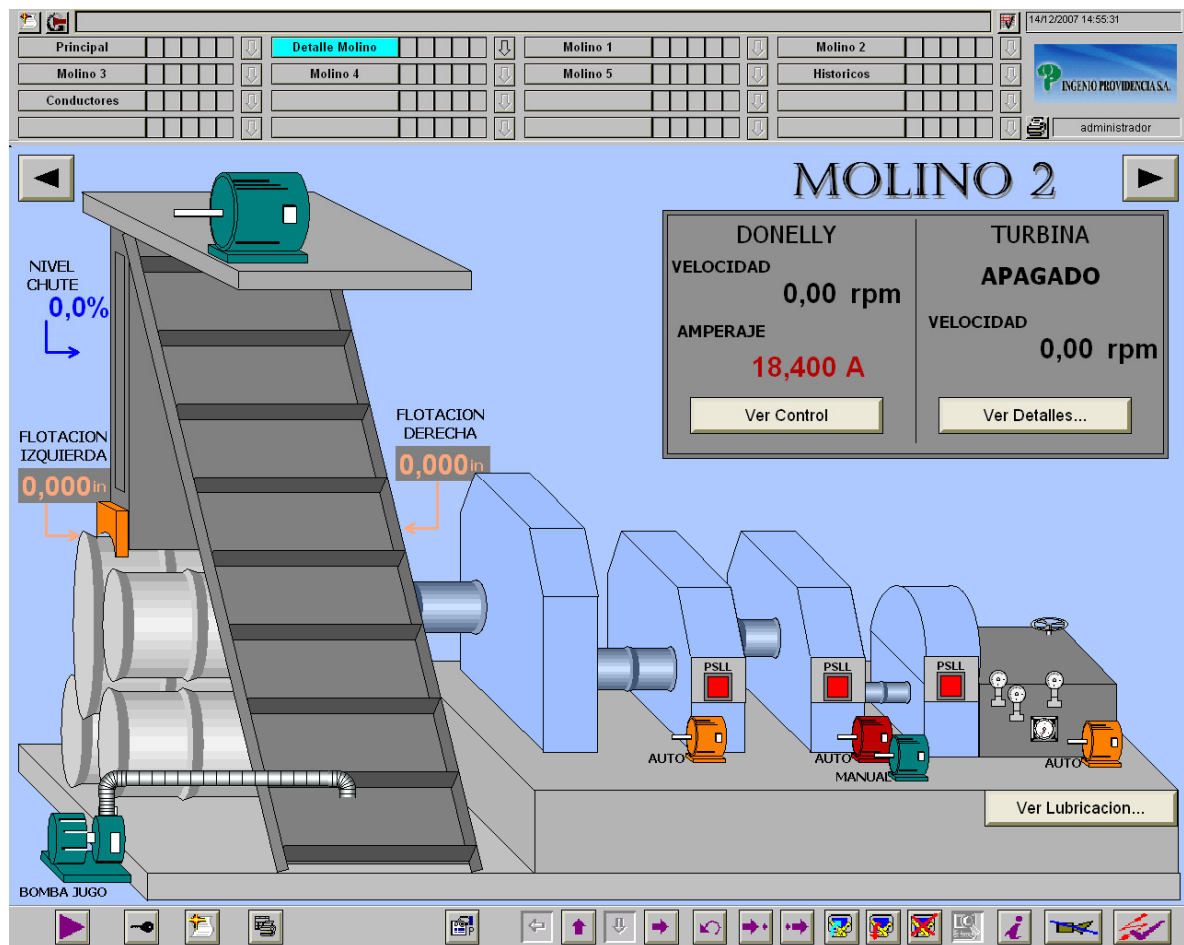


- Pantalla Molino #2. Esta pantalla (Figura 49) permite la visualización de todas las variables de proceso que intervienen solamente en el molino #2, teniendo en cuenta el orden de los dispositivos y su interconexión para el correcto funcionamiento de este molino.

Se muestra de manera gráfica la turbina y los diferentes reductores de de velocidad que posee este molino con sus respectivas bombas de lubricación, con las cuales se visualiza el estado en que se encuentran según la norma de colores creada; además se nota el estado de los switches de muy baja presión de aceite de cada uno de los diferentes reductores de velocidad, para realizar una rápida identificación de la falla en el caso que se dispare la turbina.

Otras variables que se pueden visualizar en esta pantalla, son las flotaciones de las masas, las cuales se encuentran direccionadas en EW772 y EW 774 con formato de dato tipo Word; el nivel del chute ubicado en la dirección EW776 como dato tipo Word; además se poseen tres botones que son muy importantes en esta pantalla, ya que se encuentran enlazados con ventanas que muestran detalles de visualización y de control, una es la ventana de estado de turbina, otra ventana es la pantalla de control del motor del conductor y la otra es la pantalla de lubricación correspondiente a este molino.

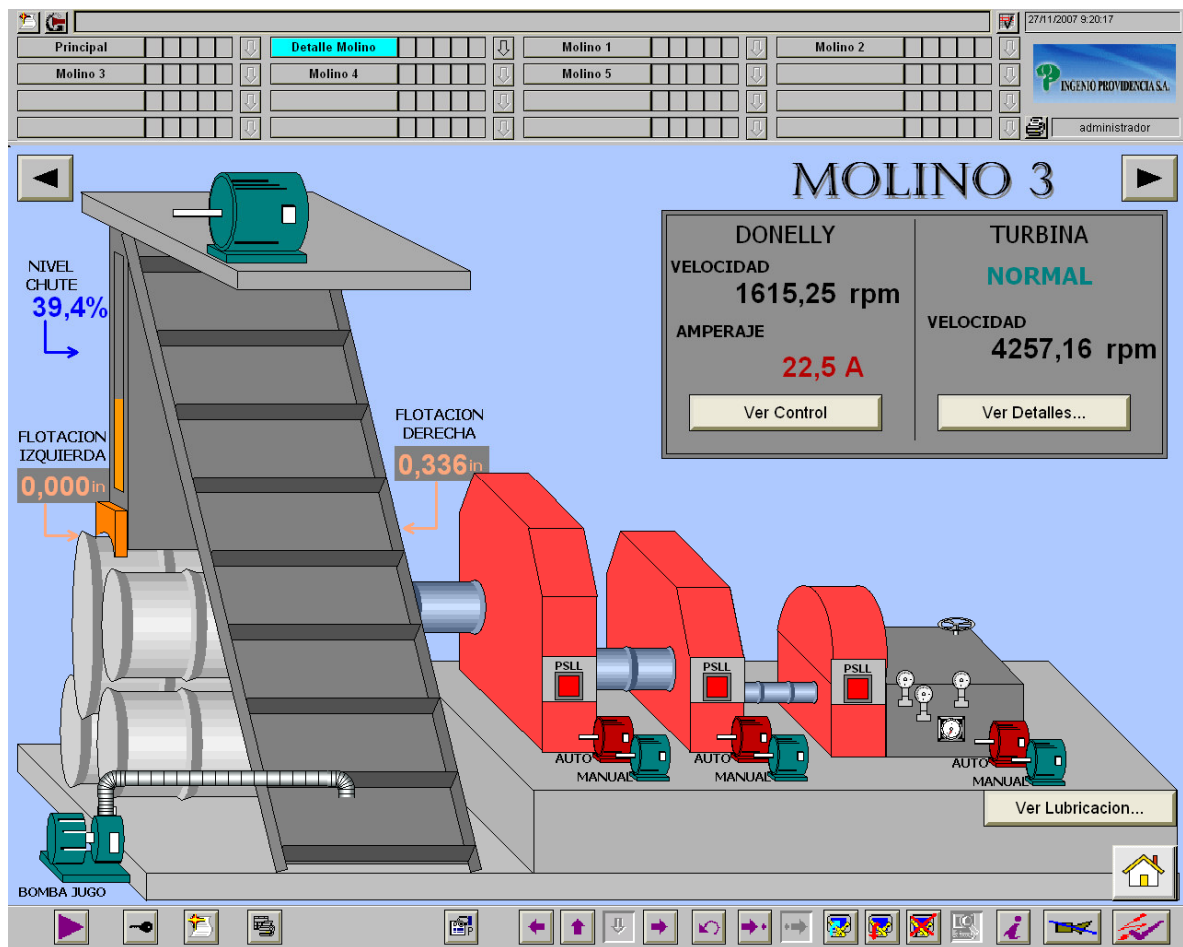
Figura 49. HMI, pantalla molino #2, PC supervisor WinCC.



- Pantallas Molinos #3, 4, 5, 6. Estas pantallas (ventana 50) son independientes y no manejan estructura de datos; la distribución gráfica de estas pantallas es exactamente igual, debido a que el sistema de funcionamiento de estos molinos es similar y poseen sistemas electromecánicos parecidos.

En estas pantallas se muestran los niveles de los chutes, flotaciones de las masas, estados de las bombas de lubricación y estados de switch de muy baja presión de aceite; además cada una de estas pantallas posee su propio enlace con las ventanas de lubricación, ventanas de estado de turbina y ventana de control del motor de conductor.

Figura 50. HMI, pantalla molinos: #3, #4, #5 y #6, PC supervisor WinCC.



- Sistema de alarmas. Como ya se explicó anteriormente, las alarmas en la HMI diseñada se visualizan en la barra de alarmas que posee la plantilla base de diseño de todas las pantallas, para tener siempre una identificación rápida en el momento de presentarse una alarma sin importar en qué pantalla se encuentre el operario realizando la supervisión.

La clasificación de las alarmas que se usó para la interfaz, es de carácter alto, ya que las alarmas programadas inicialmente en la HMI son de alta importancia, pero es posible que a medida que se modifique el sistema de control y se necesiten nuevas alarmas en el proceso, éstas se puedan programar para ser visualizadas en la interfaz.

En este momento, para el proceso de molienda se tienen alarmas similares para cada molino (Tabla 13), ya que su funcionamiento es igual y poseen los mismos dispositivos. Existen otras alarmas en el proceso, pero que no ocurren en el conjunto de los molinos, véase Tabla 14.

Tabla 13. Alarmas actuales para el proceso de molienda por cada molino.

NOMBRE DE ALARMA	CONSECUENCIA
Alto nivel del chute.	Aviso al operario
Disparo de Turbina.	Parada del molino
Alta Corriente del conductor Donelly.	Parada del molino
Muy baja presión de aceite turbina.	Parada del molino
Muy baja presión de aceite reductor de alta.	Parada del molino
Muy baja presión de aceite reductor de baja.	Parada del molino
Falla general del Donelly	Parada del molino
Alta Corriente bomba manual turbina	Disparo de la bomba
Alta Corriente bomba automática turbina	Disparo de la bomba
Alta Corriente bomba manual Red. Alta	Disparo de la bomba
Alta Corriente bomba automática Red Alta	Disparo de la bomba
Alta Corriente bomba manual Red. Baja	Disparo de la bomba
Alta Corriente bomba automática Red. Baja	Disparo de la bomba
Falla general bomba manual turbina	Disparo de la bomba
Falla general bomba automática turbina	Disparo de la bomba
Falla general bomba manual Red. alta	Disparo de la bomba
Falla general bomba automática Red alta	Disparo de la bomba
Falla general bomba manual Red. baja	Disparo de la bomba
Falla general bomba automática Red. baja	Disparo de la bomba

Tabla 14. Otras alarmas para el proceso de molienda.

NOMBRE DE ALARMA	CONSECUENCIA
Alto nivel del tanque tromel.	Aviso al operario
Bajo nivel del tanque tromel.	Aviso al operario
Alto nivel del tanque de agua maceración.	Aviso al operario
Bajo nivel del tanque de agua maceración.	Aviso al operario
Falla del Variador del tanque tromel.	Aviso al operario
Alta corriente del variador del tanque tromel.	Aviso al operario

7 CONCLUSIONES

- ✓ Las interfaces diseñadas cumplen gráficamente con la forma del proceso de molienda, ya que las pantallas dibujadas siguen con el orden de funcionamiento de los dispositivos en el proceso y guiarán de manera clara al usuario en el momento de ser aplicadas.
- ✓ La modalidad de programación de las alarmas de proceso usando las herramientas que ofrece WinCC, permite un reconocimiento rápido y una descripción de las alarmas dando al operario la posibilidad de actuar debidamente en bien del proceso en el caso de presentarse una falla.
- ✓ El diseño de gráficos amigables y de múltiples pantallas para la visualización de los datos estrictamente necesarios para la supervisión, facilita el monitoreo por parte del usuario.
- ✓ El diseño de la HMI es flexible para futuros cambios que el administrador desee realizar, debido a que todo el proceso de diseño y sus resultados son de pleno conocimiento del personal de automatización autorizado para la modificación y adecuaciones que se deseen realizar a futuro.
- ✓ La utilización del sistema de colores creado, facilita la identificación de los diferentes datos que brinda la HMI, en el momento que el operario realice la supervisión del proceso.
- ✓ El uso de control de privilegios de administrador y usuario, permite proteger la HMI de cambios por parte de personal no autorizado y así disminuir la posibilidad de cometer errores de operación.
- ✓ Se logró realizar una comunicación inicial entre la HMI y el PLC, obteniendo el reconocimiento de los dispositivos que se encuentran bajo el protocolo PROFIBUS-DP y de algunas señales, pero es necesario que el sistema de control se encuentre plenamente terminado para realizar un enlace total con la HMI.
- ✓ En el momento de implementar completamente la HMI el cuarto de control de molinos será más amplio, brindando comodidad para el operario y el personal que transita en el lugar.
- ✓ La arquitectura interna de la HMI podrá ser modificada en el caso de presentarse una actualización en el sistema de control, teniendo en cuenta que Ingenio Providencia tiende a mejorar sus procesos con la implementación de nuevos controles y nueva tecnología.

✓ El sistema de control implementado con la tecnología S7 de Siemens trae entre sus ventajas al proceso de molienda la seguridad, debido a que la manera de transferir y adquirir datos se realiza por comunicación Profibus, disminuyendo notablemente la posibilidad de producir una falla por mala conexión, como se presentaba en el antiguo sistema de control, en donde la cantidad de cable usado para direccionar las señales de proceso hasta el cuarto de control de molinos era aproximadamente diez veces mayor al sistema actual.

✓ Se logró cumplir el objetivo general del proyecto, porque la propuesta de diseño de la HMI fue satisfactoria para el proceso de molienda y su implementación se realizará por dos etapas para no producir un cambio tan brusco en la manera de realizar supervisión. La consola, la OP y el IFIX seguirán funcionando hasta que la HMI se implemente totalmente; para realizar este procedimiento habría que tomarse un tiempo prudente para no llegar a interferir con el funcionamiento continuo del proceso y lograr acostumbrar poco a poco a los operarios al nuevo sistema.

BIBLIOGRAFIA

BOTERO NARVÁEZ, Juan Carlos. Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para las plantas didácticas PS-2170 PS – 2160 [CD-ROM]. Santiago de Cali, 2006. 1 CD-ROM. Pasantía (Profesional en Ingeniería Mecatrónica). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

Sistemas scada [en línea]. Sevilla (España): Universidad de Sevilla. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, 2003. [Consultado 02 agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.lsi.us.es/docencia/asignaturas/dihm.html>

ENTREVISTA con Gustavo Urrego Bonilla, Ingeniero de Desarrollo. Ingenio Providencia S.A. El Cerrito (Valle), 15 agosto de 2007

GARCÍA MORENO, Emilio. Automatización de Procesos Industriales. Valencia (España): Alfaomega, 1995. 377 p.

Manuales WinCC y HMI [en línea]. Colombia: Siemens. Automatización Industrial, 2007. [Consultado 05 septiembre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.siemens.com.co/>

ULRICH, Karl T. Diseño y Desarrollo de Productos: Multidisciplinario. 3 ed. Colombia: McGraw-Hill, 2002. 260 p.

VILLOTA CARVAJAL, Jairo Jeovany. Rediseño HMI de Display para plantas de pulpa y calderas de Propal [CD-ROM]. Santiago de Cali, 2006. 1 CD-ROM. Pasantía (Profesional en Ingeniería Mecatrónica). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

ANEXOS

Anexo A. Normas estandarizadas ANSI/ISA-5.1-1984 (R1992)

	PRIMERA LETRA		LETRA SUCESORA		
	MEASURED OR VARIABLE	MODIFIER	PASSIVE FUNTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis	Agitator	Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice	User's Choice	User's Choice
C	User's Choice			Control	
D	User's Choice	Differential			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio (Fraction)			
G	User's Choice		Glass, Viewing Device		
H	Hand				High
I	Current (Electrical		Indicate		
J	Power	Scan			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change		Control Station	
L	Level		Light		Low
M	User's Choice	Momentary			Middle,Intermediate
N	User's Choice		User's Choice	User's Choice	User's Choice
O	User's Choice		Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize			
R	Radiation		Record		
S	Speed, Frequency	Safety		Switch	
T	Temperature			Transmit	
U	Multivariable		Multifunction	Multifunction	Multifunction
V	Vibration, Mechanical			Valve, Damper, Louver	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified	X Axis	Unclassified	Unclassified	Unclassified
Y	Event, State or Presence	Y Axis		Relay, Compute, Convert	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element	



Anexo B. Nomenclatura diseñada para TAG's, Proceso de Molienda

	PRIMERA LETRA		LETRA SUCESORA		
	MEASURED OR VARIABLE	MODIFIER	PASSIVE FUNTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Acidity, Alkalinity	Agitator	Alarm		
B	Burn				
C				Control	
D	Density	Dectector	Dosification		
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate				
G	Gas				
H	Heat		Hand		High
I	Current (Electrical)		Indicate		
J	Power				
K	Time, Time Schedule			Control Station	
L	Level		Light		Low
M	Movement, Motor	Magnetic			Middle, intermediate
N					
O			Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum	Pump	Point (Test) Connection		
Q	Quantity				
R			Record (17)		
S	Speed, Frequency	Safety		Switch	
T	Temperature			Transmit	
U	Multivariable		Multifunction	Multifunction	Multifunction
V	Vapor				Valve, Damper, Louver
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified		Unclassified	Unclassified	Unclassified
Y	Event, State or Presence (20)				Relay, Compute, Convert
Z	Position, Dimension				Driver, Actuator, Unclassified Final, Control Element




Anexo C. Estándar de colores creado para objetos gráficos diseñados en la interfaz de operación WinCC.

A. OBJETOS CON COLORES DINAMICOS



1. INDICADOR. ON/OFF:

ON:	RGB (0,128,128) - VERDE	
OFF:	RGB (192,0,0) - ROJO	

2. INDICADOR. TRI ESTADO:




ON:	RGB (0,128,128) - VERDE	
OFF:	RGB (192,0,0) - ROJO	
ERR:	RGB (255,128,0) - NARANJA	

3. INDICADOR. MANUAL/AUTOMATICO




MANUAL:	RGB(255,255,0) - AMARILLO	
AUTOMATICO:	RGB(0,128,255) - AZUL	

4. ALARMAS Y ADVERTENCIAS:

ALARMAS



APARECIDA:	RGB(255,0,0) - ROJO	
DESAPARECIDA:	RGB(0,255,0) - VERDE	
RECONOCIDA:	RGB(128,128,192) - VIOLETA	

ADVERTENCIAS

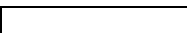
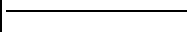
APARECIDA:	RGB(255,255,128) - AMARILLO	
DESAPARECIDA:	RGB(213,106,0) - MARRON	
RECONOCIDA:	RGB(0,187,187) - AGUAMARINA	

5. INTERMITENCIAS: Se aplica a indicadores de falla de equipos.

MOTORES

INACTIVO:	RGB(128,128,128) - GRIS	
ACTIVO:	RGB(255,0,255) - FUCSIA	

INSTRUMENTOS

INACTIVO:	SU COLOR PREDEFINIDO (LISTA B)	
ACTIVO:	RGB(255,255,0) - AMARILLO	

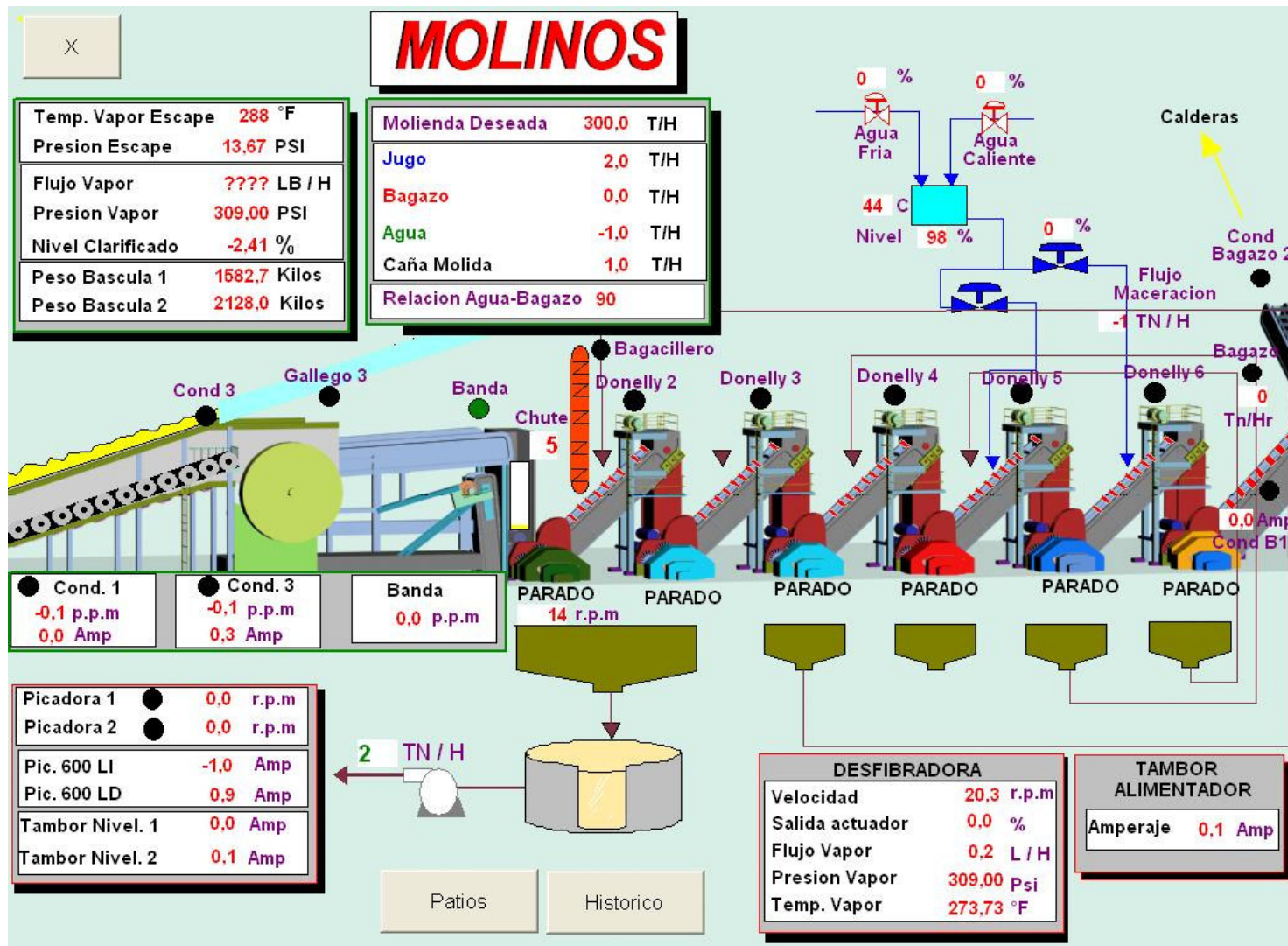
B. LISTA DE INDICADORES NUMERICOS

1. PRESIONES:	RGB(0,155,0) - VERDE	
2. NIVELES:	RGB(0,0,255) - AZUL	
3. FLUJOS:	RGB(0,192,192) - AZUL	
4. TEMPERATURAS:	RGB(255,64,64) - ROJO	
5. AMPERAJES:	RGB(179,0,0) - VINOTINTO	
6. VELOCIDADES:	RGB(0,0,0) - NEGRO	
7. POTENCIAS:	RGB(255,255,255) - BLANCO	
8. FLOTACIONES:	RGB(255,168,125) - CURUBA	
9. VOLTAJES:	RGB(185,185,0) - VERDE	

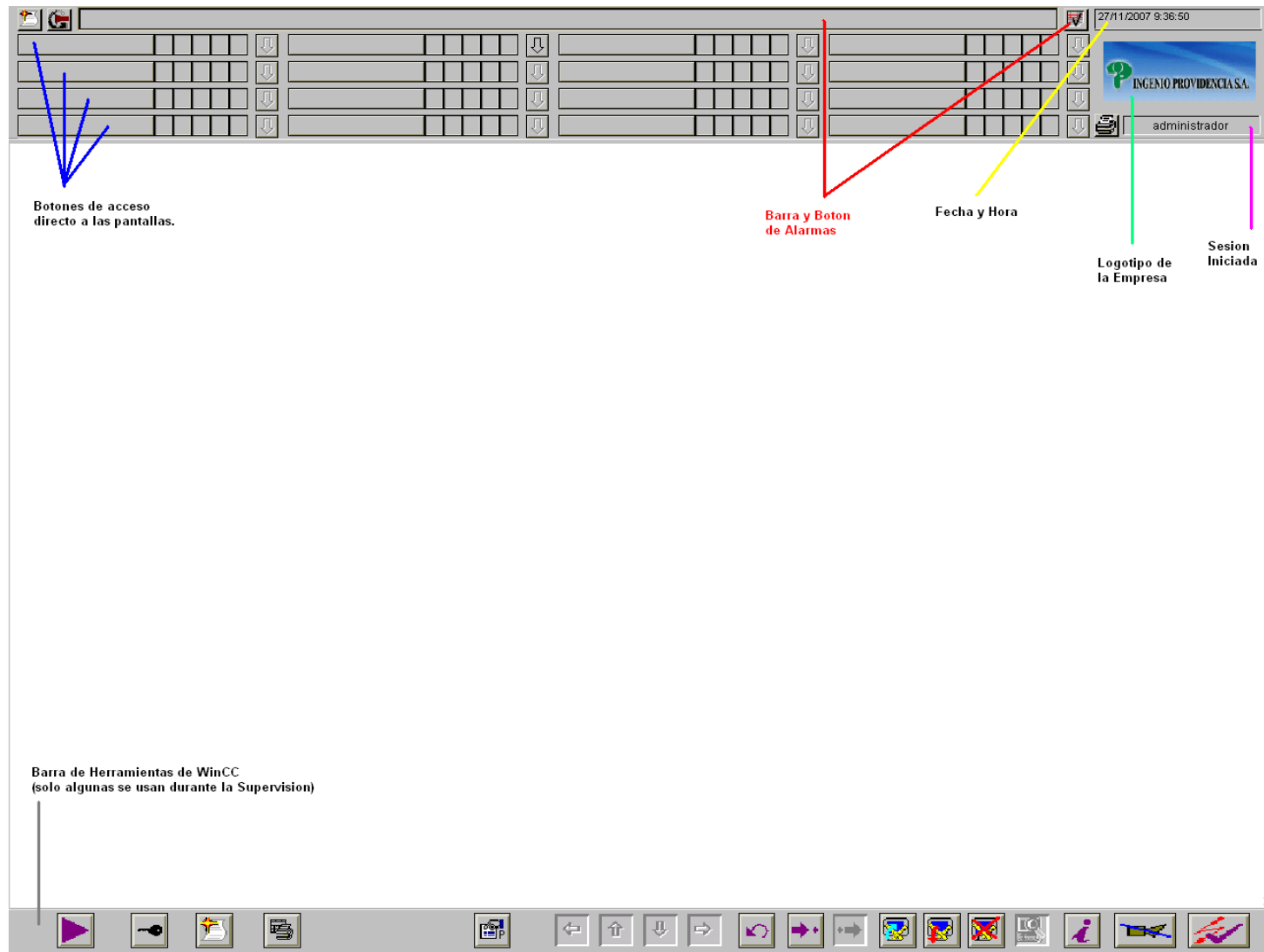
C. CONTROL PID

1. Setpoint.	RGB(0,128,0) - VERDE	
2. Variable de proceso.	RGB(0,0,255) - AZUL	
3. Porcentaje de salida, control PID.	RGB(255,0,0) - ROJO	
4. Valor de salida, control manual.	RGB(255,255,0) - AMARILLO	
5. Bias (OFFSET).	RGB(128,128,192) - VIOLETA	
6. Límite inferior salida PID.	RGB(128,128,64) - VERDE	
7. Límite superior salida PID.	RGB(225,135,0) - NARANJA	
8. Banda proporcional.	RGB(255,255,153) - AMARILLO	
9. Tiempo Integral.	RGB(111,157,255) - AZUL	
10. Tiempo derivativo.	RGB(192,192,192) - GRIS	

Anexo D. Interfaz gráfica, PC supervisor IFIX.



Anexo E. Plantilla base para las pantallas diseñadas en WinCC.



ANEXO F. Manual de usuario.



MANUAL DE OPERACIÓN HMI-WINCC
PROCESO DE MOLIENDA

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
ENERO 2008

RESUMEN

Este documento es un manual de usuario desarrollado para la HMI diseñada en WinCC, donde se encuentra de manera general cómo se debe usar la interfaz durante el proceso de molienda; este documento está dirigido a los operadores de molinos, quienes son los responsables de mantener el proceso en marcha.

Aquí encontrará las pantallas diseñadas con la respectiva explicación de su función dentro del proceso de molienda.

Este manual de usuario se encuentra actualizado al día 18 de enero del 2008 y está sujeto a modificaciones que se deseen realizar por parte del personal de automatización de Ingenio Providencia S.A. después de la fecha anteriormente mencionada.

CONDICIONES INICIALES

Antes de empezar a usar la interfaz, se deben tener en cuenta varios factores para garantizar el buen funcionamiento de la misma, estos factores son:

- Correcta comunicación con el PLC y periferia.
- El PC de supervisión debe encontrarse encendido y con el runtime de WinCC en ejecución.
- Conocimiento del estándar de colores por parte del operario.

Estos dos factores anteriores son esenciales para dar inicio a la supervisión del proceso de molienda; en el caso que estos dos factores no se cumplan, es preciso dar aviso al personal de automatización para que sea restablecido el sistema.



Es de vital importancia que durante la ejecución del runtime del WinCC, el PC supervisor no sea apagado ni se ejecuten otro tipo de aplicaciones que distraigan al operario o interfieran con la supervisión del proceso.

Esta HMI está diseñada de acuerdo al proceso, respetando la forma del mismo y teniendo en cuenta el orden de los dispositivos electromecánicos que se usan en la molienda.




Para facilitar la identificación de datos y de estados de las señales, se diseñó un tabulado de colores que se estandariza para las futuras interfaces que diseñen en otros procesos; el tabulado de colores es el siguiente.

8 A. OBJETOS CON COLORES DINAMICOS



1. IND. ON/OFF:

ON:	RGB (0,128,128) - VERDE	
OFF:	RGB (192,0,0) - ROJO	

2. IND. TRI ESTADO:

ON:	RGB (0,128,128) - VERDE	
OFF:	RGB (192,0,0) - ROJO	
ERR:	RGB (255,128,0) - NARANJA	

3. IND. MAN/AUT

MANUAL:	RGB(255,255,0) - AMARILLO	
AUTOMATICO:	RGB(0,128,255) - AZUL	

4. ALARMAS Y ADVERTENCIAS:

ALARMAS

APARECIDA:	RGB(255,0,0) - ROJO	
DESAPARECIDA:	RGB(0,255,0) - VERDE	
RECONOCIDA:	RGB(128,128,192) - VIOLETA	

ADVERTENCIAS

APARECIDA:	RGB(255,255,128) - AMARILLO	
DESAPARECIDA:	RGB(213,106,0) - MARRON	
RECONOCIDA:	RGB(0,187,187) - AGUAMARINA	

5. INTERMITENCIAS:

SE APLICAN A INDICADORES DE FALLA DE EQUIPOS

8.1 MOTORES

INACTIVO:	RGB(128,128,128) - GRIS	
ACTIVO:	RGB(255,0,255) - FUCSIA	

INSTRUMENTOS

INACTIVO:	SU COLOR PREDEFINIDO (LISTA B)	
ACTIVO:	RGB(255,255,0) - AMARILLO	

B. LISTA DE INDICADORES NUMERICOS

1. PRESIONES:	RGB(0,155,0) - VERDE	
2. NIVELES:	RGB(0,0,255) - AZUL	
3. FLUJOS:	RGB(0,192,192) - AZUL	
4. TEMPERATURAS:	RGB(255,64,64) - ROJO	
5. AMPERAJES:	RGB(179,0,0) - VINOTINTO	
6. VELOCIDADES:	RGB(0,0,0) - NEGRO	
7. POTENCIAS:	RGB(255,255,255) - BLANCO	
8. FLOTACIONES:	RGB(255,168,125) - CURUBA	
9. VOLTAJES:	RGB(185,185,0) - VERDE	

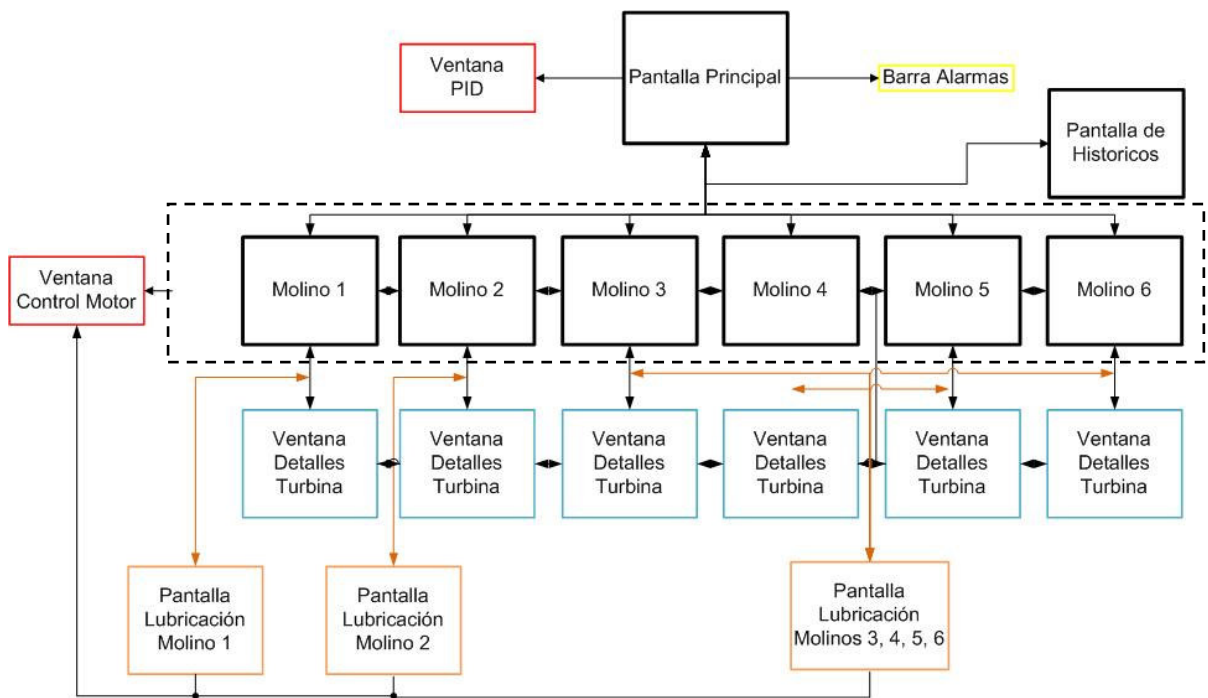
9 C. CONTROL PID

1. SETPOINT	RGB(0,128,0) - VERDE	
2. VALOR DE PROCESO	RGB(0,0,255) - AZUL	
3. PORCENTAJES SALIDA CONTROL PID	RGB(255,0,0) - ROJO	
4. VALOR SALIDA CONTROL MANUAL	RGB(255,255,0) - AMARILLO	
5. BIAS (OFFSET)	RGB(128,128,192) - VIOLETA	
6. LIMITE INFERIOR SALIDA PID	RGB(128,128,64) - VERDE	
7. LIMITE SUPERIOR SALIDA PID	RGB(225,135,0) - NARANJA	
8. BANDA PROPORCIONAL	RGB(255,255,153) - AMARILLO	
9. TIEMPO INTEGRAL	RGB(111,157,255) - AZUL	
10. TIEMPO DERIVATIVO	RGB(192,192,192) - GRIS	

DISTRIBUCION DE PANTALLAS

La distribución de las pantallas muestra de manera general la forma en que las diferentes pantallas y ventanas que conforman la HMI se enlazan entre sí de manera jerárquica. Esta distribución se puede apreciar en la siguiente imagen, véase Figura 1.

Figura 1. Distribución de pantallas.



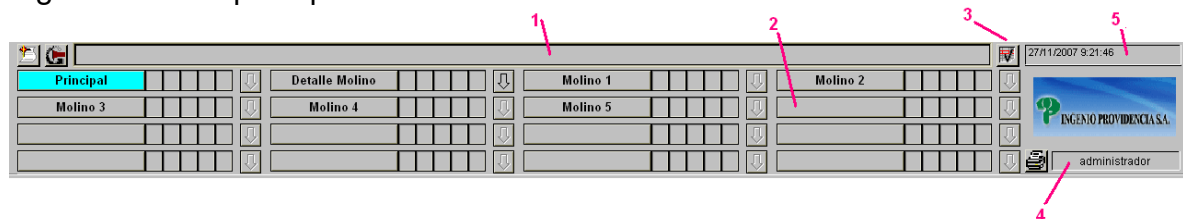
En la anterior imagen se puede apreciar el orden de ubicación y enlace de las pantallas de la HMI para el proceso de molienda; es muy importante que este esquema sea comprendido totalmente por el operario, ya que de esto depende que él siempre sepa en dónde se encuentra y hacia dónde se dirige dentro de la interfaz.

IDENTIFICACION DEL ENTORNO DE LAS PANTALLAS

Menú principal

Todas las pantallas poseen un menú principal (Figura 2) en la parte superior, que permite un acceso rápido a las pantallas para facilitar su búsqueda; los elementos que actúan en este menú son los siguientes:

Figura 2. Menú principal



1. Barra de alarmas: en este espacio se muestran las alarmas y avisos que ocurran durante la supervisión del proceso; es de vital importancia que siempre se esté atento a este objeto, ya que en el caso de ocurrir un problema, éste facilita la información de la posible falla ocurrida. En esta barra se aplica el estándar de colores mencionado anteriormente.
2. Botones de acceso directo: existen varios botones que permiten la navegación rápida entre pantallas, evitando tener que buscar un acceso que enlace una pantalla con otra; estos botones son muy útiles en el momento de presentarse un problema porque ahorran tiempo en la reacción del operario.
3. Botón de alarmas: este botón se usa cuando en la barra de alarmas aparece un evento; se debe hacer click para reconocer la alarma y que el sistema la desactive; en el momento en que se usa el botón, el sistema asume que el operario tiene pleno conocimiento del evento sucedido y ya conoce el procedimiento para corregir el problema.
4. Perfil de usuario: este campo permite iniciar el programa con un perfil de usuario y administrador; en el caso del operador, debe mantener el programa en modo usuario, debido a que en modo administrador es necesario digitar una clave que solo conoce el administrador.
5. Hora y fecha: en este espacio se puede observar la hora y fecha del PC de supervisión.

Estados de dispositivos

Aquí se explica cómo identificar los estados de los diferentes dispositivos de proceso; la mayoría de los dispositivos que intervienen en el proceso son motores, pero también intervienen algunas válvulas; estos dispositivos se explican a continuación:

Motor: los objetos que indican gráficamente los motores se encuentran dinamizados para que cambien su color según el estado del motor observado, véase Figura 3.

Para identificar los estados de los motores y sus colores asignados se debe revisar el estándar de colores usado.

Figura 3. Estados de motores.



Válvula: en este proceso son muy pocos los actuadores de este tipo que son usados; la válvula más importante se usa en la salida del tanque de agua de maceración.

El objeto gráfico que representa la válvula (Figura 4) posee un indicador de porcentaje de apertura de la válvula, el cual le dirá al operador el estado de la misma.

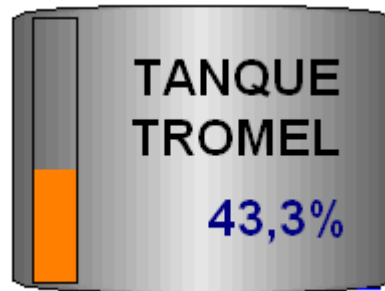
Figura 4. Estado válvula.



Tanques: para los tanques o contenedores que se necesita saber su nivel, se cuenta con una barra dinámica que muestra en proporción al tanque, el contenido que posee, véase Figura 5.

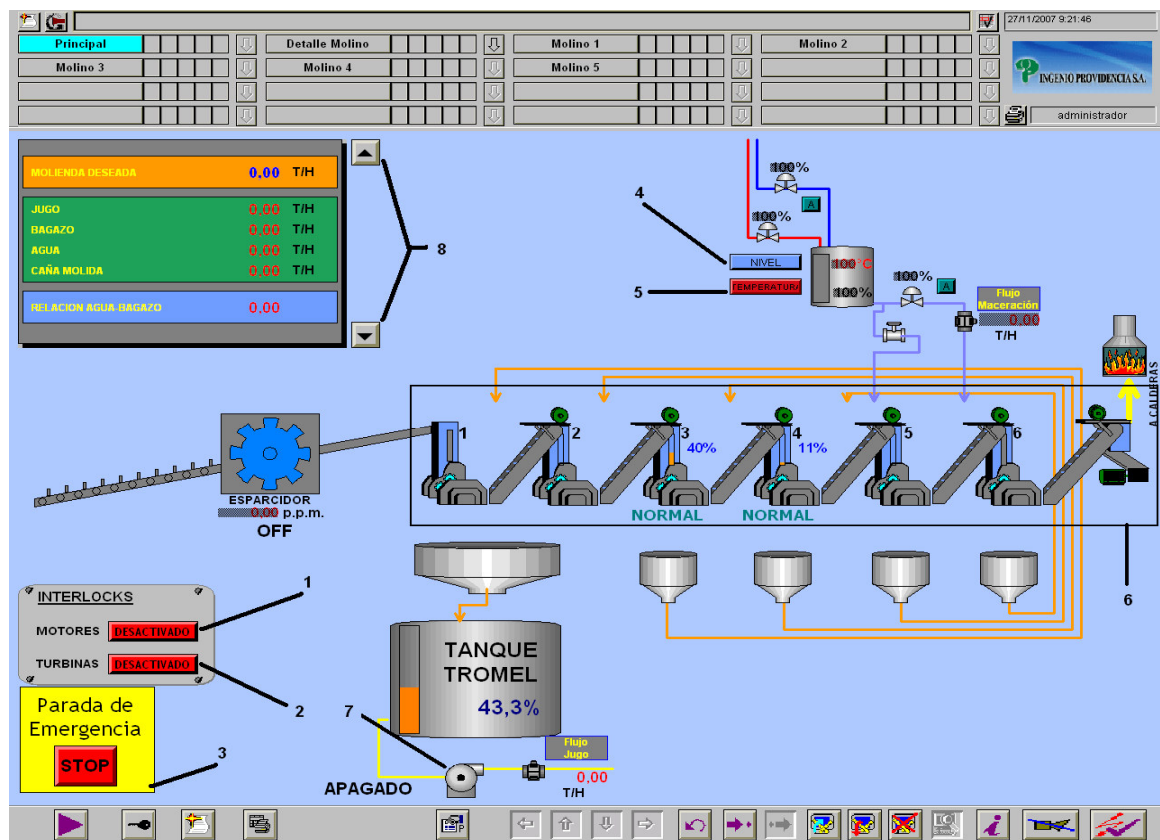
Estas dinámicas se observan en los niveles de los chutes de los molinos en el nivel del tanque de agua de maceración y flotaciones; estas dinámicas ayudan

Figura 5. Tanque dinámico; tanque tromel.



Pantalla Principal

Figura 6. Pantalla principal.



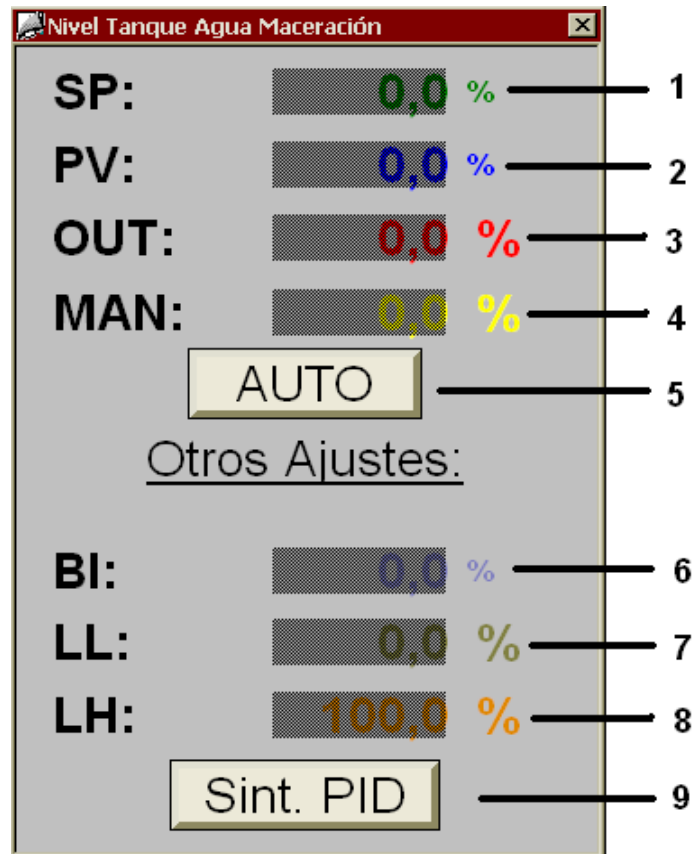
Desde esta pantalla se visualiza el estado general del proceso de molienda, el estado de cada molino, el estado de los motores de los donelly's y el estado de las bombas del tanque tromel y del tanque de agua de maceración.

Los objetos que intervienen en esta pantalla son:

1. Botón del interlock de turbinas: activa o desactiva el enclavamiento de las turbinas para iniciarlas secuencialmente o de manera individual.
2. Botón de interlock motores: activa o desactiva el enclavamiento de los motores de los conductores donelly para iniciarlos de manera secuencial o individual.
3. Botón de stop de emergencia: este botón detiene el proceso en cualquier momento sin importar si el proceso está marchando correctamente.
4. Botón de nivel: este botón invoca la ventana del control PID del nivel del tanque de agua de maceración; esta ventana se explicará más adelante véase Figura 7.
5. Botón de temperatura: este botón muestra el valor de la temperatura del agua de maceración. En este momento está fuera de servicio por la falta de la implementación física en campo.
6. Molinos: en esta área de la pantalla se encuentran los molinos con su respectivo estado; el estado que se muestra es de rápida identificación y de poco detalle; si se desea saber más detalles sobre uno de los molinos, se debe hacer click sobre él y para así invocar la pantalla detallada del molino seleccionado. Estas pantallas de detalle se explicaran más adelante.
7. Bomba del tanque tromel: al hacer click sobre este objeto se abre una ventana que muestra los detalles del variador de la bomba y del control PID del nivel, véase Figura 9.
8. Botones de navegación vertical: estos botones sirven para mover una serie de pequeñas ventanas que contienen de señales y datos del proceso anterior al de molienda, en donde se encuentran las mesas de caña, las picadoras y la desfibradora.
Estos datos son sólo de visualización y no se pueden modificar, usados para que el operario de molinos conozca el comportamiento del proceso anterior.

Ventana de control PID

Figura 7. Ventana de control PID



Esta ventana aparece en pantalla cuando se hace click en el botón de nivel de la pantalla principal y su función es mostrar los parámetros del controlador PID para el control de nivel del tanque de agua de maceración.

Los parámetros de esta ventana se pueden modificar por el operario según el nivel que se desee.

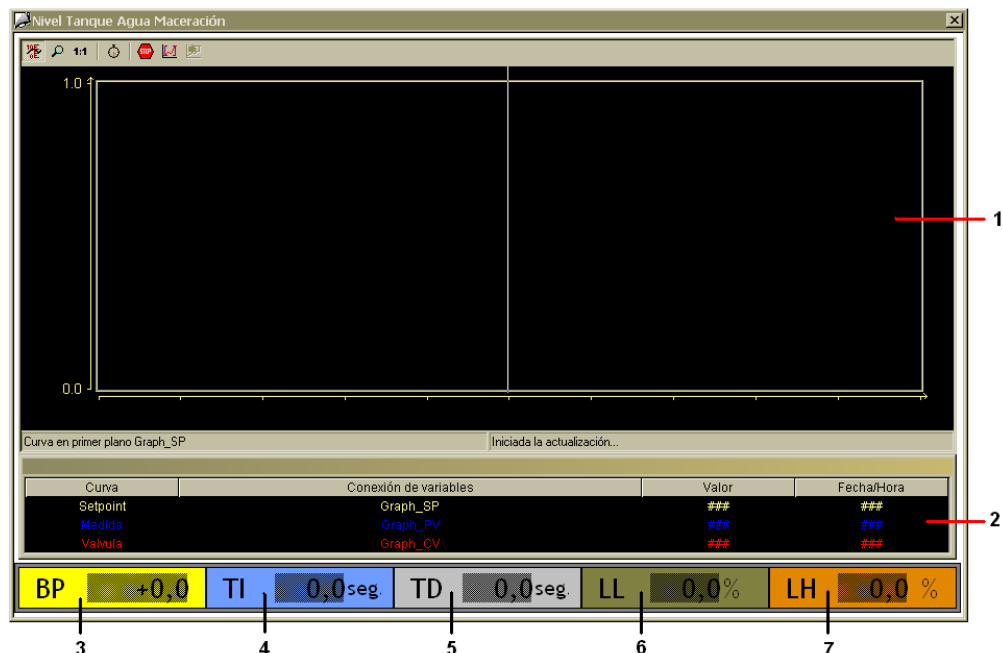
Los objetos involucrados en esta pantalla son los siguientes:

1. Setpoint: valor en que se debe mantener el control.
2. Variable de proceso. Valor medido en el proceso
3. Salida del controlador: es el resultado del controlador o esfuerzo de control.

4. Valor de control manual: valor del control cuando el controlado está en modo manual.
5. Botón para modo manual/ automático del controlador: conmuta entre el modo manual y automático del controlador.
6. Bias (Offset): ajuste de prepolarización del controlador.
7. Límite bajo: valor mínimo del rango de control.
8. Límite alto: valor máximo del rango de control.
9. Botón para mostrar la gráfica de los parámetros del controlador: Esta ventana se explica a continuación, véase figura 8.

Ventana de gráficas de parámetros PID

Figura 8. Ventana de gráficas parámetros PID.



Esta pantalla permite graficar el setpoint, variable de proceso y salida del controlador, porque es necesario para analizar el comportamiento del controlador. En la parte inferior de la pantalla se visualizan otros parámetros del controlador, como los son la banda proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo, los cuales

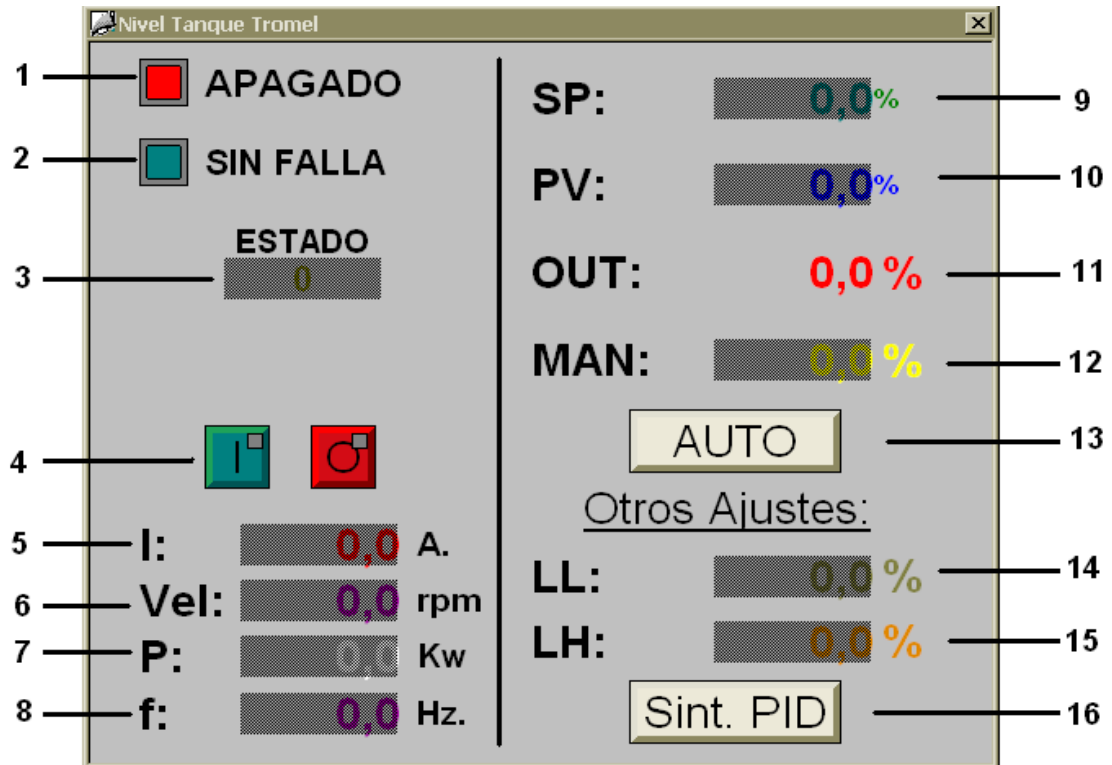
no se pueden observar en la ventana de control PID debido a que sólo los puede modificar el administrador. En la parte inferior también se visualizan el límite bajo y el límite alto del rango de control.

Los objetos que intervienen en esta pantalla son los siguientes.

1. Área de gráficas: zona de la ventana en donde se grafican las variables con respecto al tiempo; posee un eje X para el tiempo y un eje Y para las variables graficadas.
2. Variables graficadas. Zona en donde se ubican las variables que se están graficando. Se lee su nombre y se observa su color.
3. Banda proporcional: ajusta la velocidad de respuesta del control (ganancia).
4. Tiempo integral: constante de tiempo del factor integral.
5. Tiempo derivativo: constante de tiempo del factor derivativo.
6. Límite bajo: valor mínimo del rango de control.
7. Límite alto: valor máximo del rango de control.

Ventana de control variador

Figura 9. Ventana de control variador.



Esta ventana está dividida en dos secciones verticales, las cuales cumplen con una función específica cada una.

La sección derecha controla el arranque y parada del variador, además muestra el estado del mismo y varios datos como la corriente, velocidad, potencia y frecuencia.

La sección derecha se encarga de mostrar los parámetros del controlador PID del control de nivel del tanque tromel.

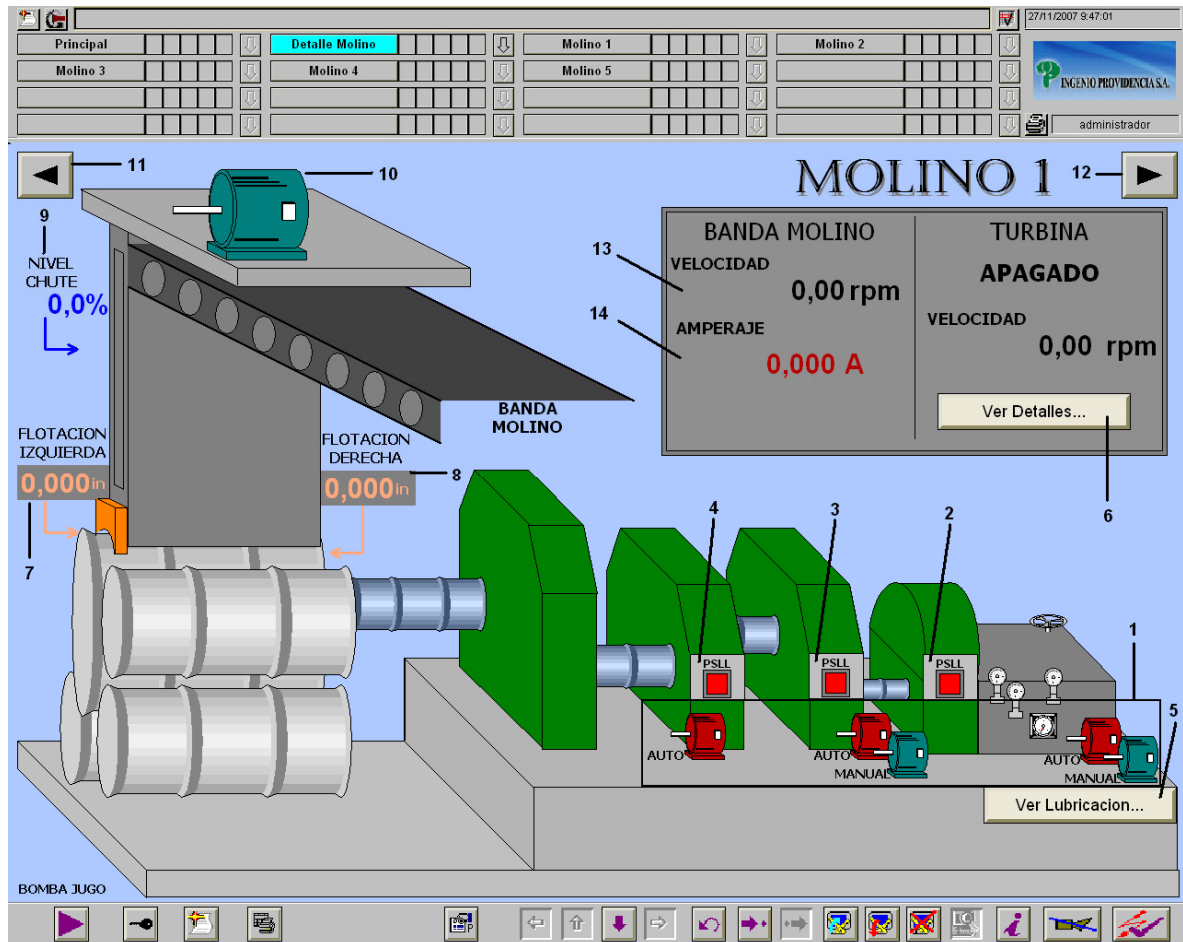
Los objetos que intervienen en esta ventana son los siguientes:

1. Indicador de estado: muestra el estado del variador según el estándar de colores.
2. Indicador de confirmación de falla: se activa en el caso de presentarse una falla.

3. Código de estado: permite visualizar el número que envía el variador según el estado en que se encuentre.
4. Botones de arranque y parada del variador: envían señales de start y stop.
5. Corriente: muestra el valor en amperios del variador.
6. Velocidad: muestra el valor en rpm del variador.
7. Potencia: muestra el valor en KW del variador.
8. Frecuencia. muestra el valor en Hz del variador.
9. Setpoint.
10. Variable de proceso.
11. Salida del controlador
12. Valor de control manual.
13. Botón para modo manual/ automático del controlador.
14. Límite bajo.
15. Límite alto.
16. Botón para mostrar la gráfica de los parámetros del controlador, véase Figura 8.

Pantalla molino #1

Figura 10. HMI, pantalla molino #1.



Esta pantalla muestra de forma detallada todos los datos que el molino #1 posee; en esta pantalla se observa el estado de las bombas de lubricación y los swiches de muy baja presión de cada uno de los reductores de velocidad que posee este molino.

Se observan también las flotaciones en ambos lados del molino y el nivel del chute. Se tiene acceso a una pantalla de estado de turbina que muestra los detalles de control de ésta, las señales de las que depende y el estado en el que se encuentra. La ventana de detalle de turbina se explicará más adelante, véase Figura 11.

Se puede observar el estado, la corriente y la velocidad del motor de la banda del molino; también existen dos botones a los extremos que apuntan hacia los lados, estos botones son un acceso directo entre las pantallas de detalle de molinos y

son muy útiles a la hora de cambiar rápidamente entre estas pantallas sin tener que regresar a la principal.

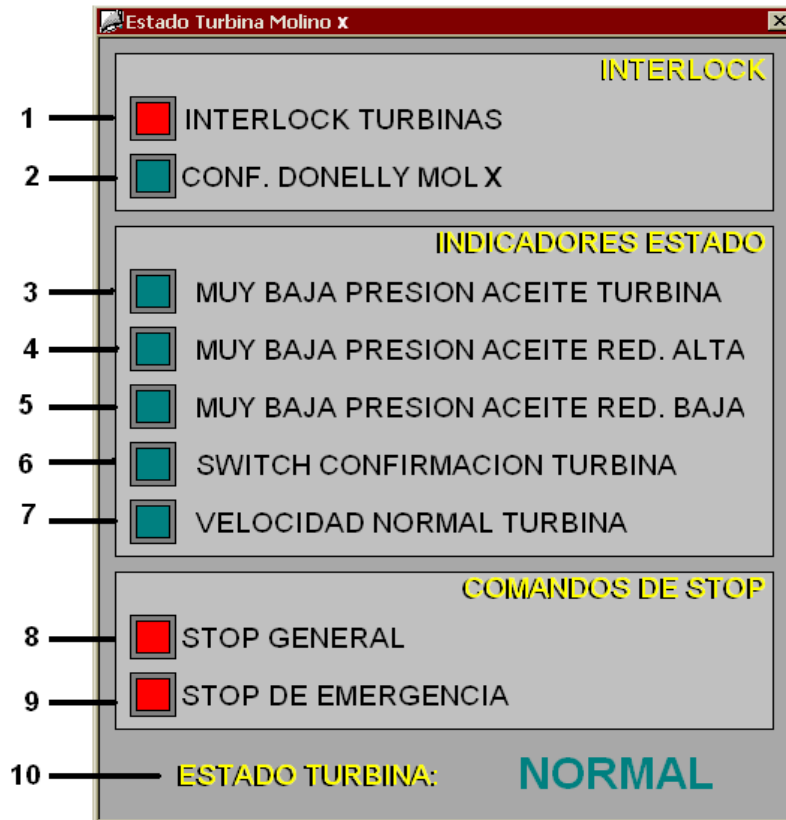
Para ver la pantalla detallada de lubricación del molino, se debe hacer click en el botón de lubricación que se encuentra en la parte inferior derecha de la pantalla.

Los objetos que intervienen en esta pantalla son los siguientes:

1. Indicadores de estado de bombas de lubricación: muestra si las bombas de lubricación están encendidas o apagadas según el color.
2. Swiche de muy baja presión de aceite turbina.
3. Swiche de muy baja presión de aceite reductor de alta.
4. Swiche de muy baja presión de aceite reductor intermedio.
5. Botón de lubricación: muestra la pantalla de lubricación para este molino.
6. Botón de detalles de turbina: abre la ventana de detalle de turbina.
7. Flotación izquierda.
8. Flotación derecha.
9. Nivel del chute.
10. Estado motor banda molino.
11. Botón lado izquierdo: acceso rápido a la pantalla del molino anterior.
12. Botón lado derecho. Acceso rápido a la pantalla del siguiente molino.
13. Velocidad de la banda.
14. Corriente de la banda.
15. Estado de la turbina. Muestra si el motor de la banda esta encendido o apagado.
16. Velocidad de la turbina.

Ventana detalle de turbina

Figura 11. Ventana detalle de turbina.



Esta ventana es especial para conocer el estado detallado de una turbina; en ella se visualizan el estado de los swiches de muy baja presión de aceite de los reductores de velocidad, el estado del interlock de las turbinas, la señal de confirmación del donelly del molino anterior y las señales de stop.

En esta pantalla se pueden descartar posibles fallas en caso de presentarse una parada de la turbina y solucionar más rápido el problema.

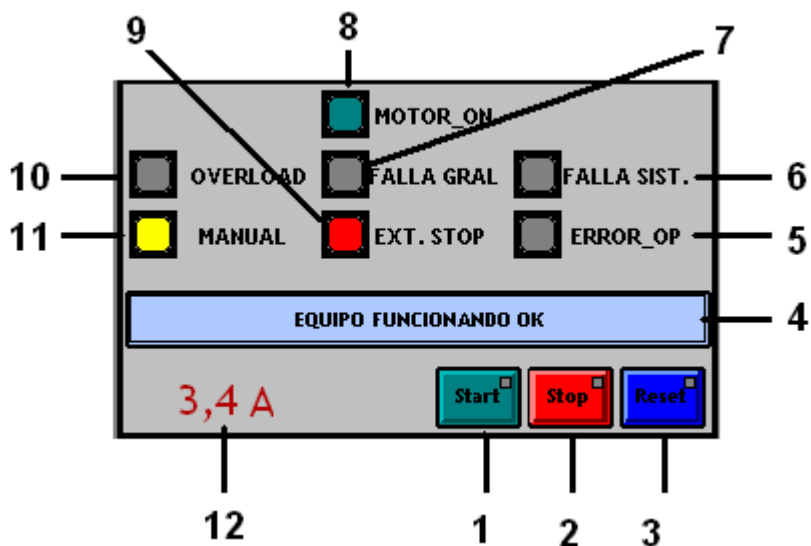
Los objetos que intervienen en esta ventana son.

1. Interlock turbinas: muestra si el interlock de las turbinas está activo.
2. Confirmación donelly molino anterior. Confirmación de encendido del conductor del molino anterior.

3. Swiche de muy baja presión de aceite turbina.
4. Swiche de muy baja presión de aceite reductor de alta.
5. Swiche de muy baja presión de aceite reductor de baja.
6. Swiche de confirmación turbina: muestra si la señal de activación de la turbina en campo está activa.
7. Comando de velocidad normal: muestra si la velocidad de la turbina está en el rango adecuado.
8. Stop general: muestra si el stop general está activo.
9. Stop de emergencia: muestra si el stop de emergencia está activo.
- 10.Estado turbina: muestra si la turbina está normal o parada.

Ventana control de motores

Figura 12. Ventana control de motores.



Esta ventana sirve para el control de los motores de arranque directo que poseen simocode, permitiendo arrancar, parar y resetear el motor; además permite visualizar distintas fallas que pueden ocurrir con el motor tales como sobrecarga,

falla general, falla del sistema, error de operación, señal de stop, corriente, estado del motor y barra de mensajes.

La barra de mensajes es muy útil, porque en ella muestra información acerca del estado del motor y posibles fallas.

Esta ventana es invocada desde la pantalla de lubricación de los molinos y de la pantalla de detalle de cada molino para el arranque de los conductores donelly.

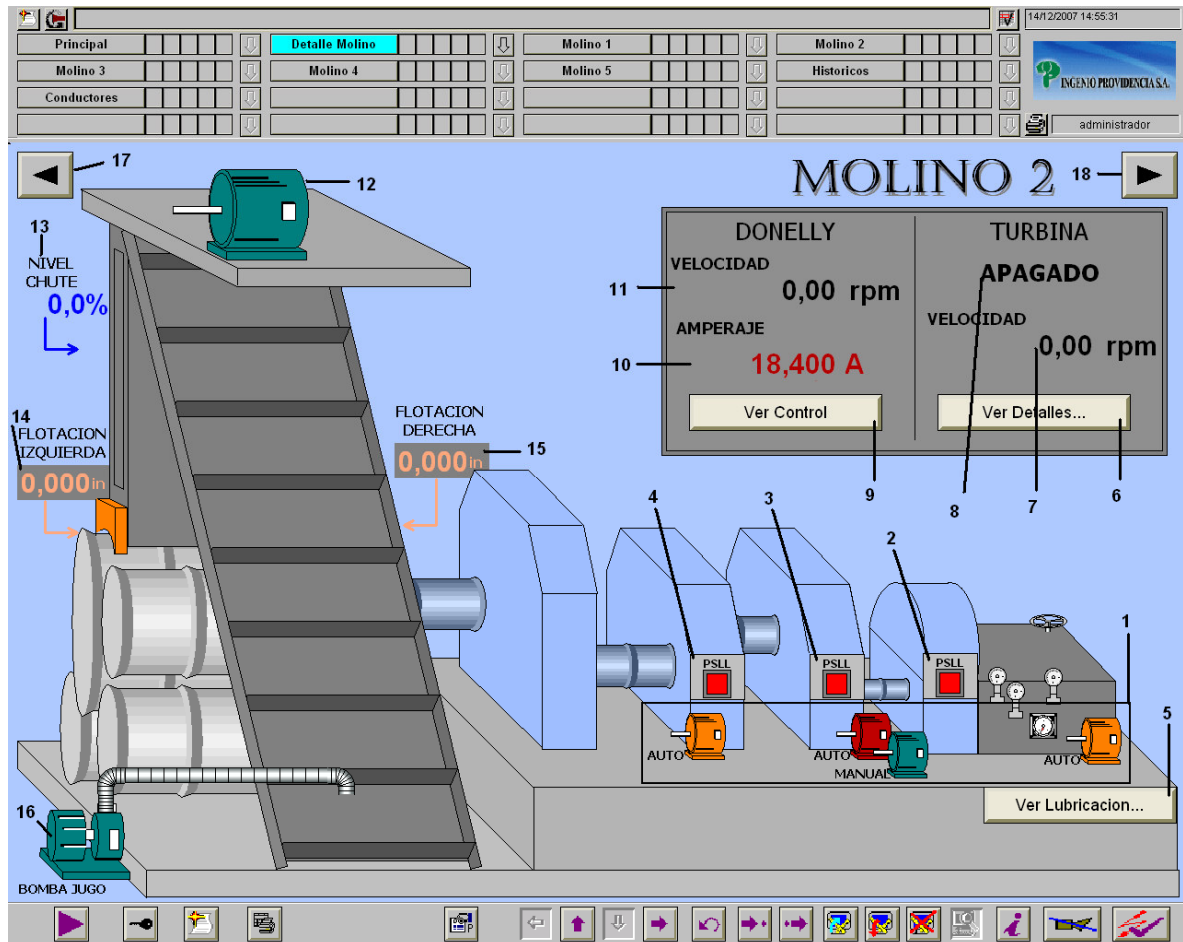
Los objetos que involucra esta pantalla son:

1. *Botón Start*: Envía una señal para encender el motor.
2. *Botón Stop*: Envía una señal para detener el motor.
3. *Botón Reset*: Envía una señal para reiniciar el motor en el caso de una falla.
4. *Barra de mensajes*: arroja mensajes al operario para proporcionar información sobre la situación actual del motor.
5. *Error_OP*: Error de operación, indica si el simocode está operando mal y requiere resetear el motor.
6. *Falla Sist*: Falla del sistema, indica si hay una falla en el sistema del motor. Por ejemplo, si el enclavamiento falla y el motor no arranca.
7. *Falla Gral*: Falla general, indica si hay una falla de comunicación entre el simocode y el PLC.
8. *Motor_on*: Estado, indica el estado en que se encuentra el motor, si está encendido o apagado.
9. *Overload*: Sobrecarga, indica si el motor está en sobrecarga.
10. *Ext. Stop*, Stop externo, indica si existe alguna señal de stop que impida el funcionamiento del motor.
11. *Manual*: Modo, indica el modo de funcionamiento del motor, el cual puede ser manual o automático.
12. *Amperaje*: indica el valor de la corriente que posee el motor en un momento determinado.

En el caso de una falla, se debe hacer click en el botón de reset para reiniciar el simocode y el motor.

Pantalla molino #2

Figura 13. HMI, pantalla molino #2.



Esta pantalla permite la visualización detallada de todos los datos que pertenecen al molino #2; esta pantalla permite observar el estado de las bombas de lubricación, el estado de switches de presión de los reductores de velocidad, velocidad del donelly, corriente del donelly, estado de la turbina, velocidad de la turbina, flotaciones de ambos lados del molino, nivel del chute, estado de la bomba de jugo, y permite efectuar el arranque del conductor donelly invocando la ventana de control de motores anteriormente explicada.

Se tiene acceso a la ventana de detalles de la turbina haciendo click en el botón ver detalles; esta ventana posee los detalles de la turbina para que ésta siempre se encuentre en buen funcionamiento.

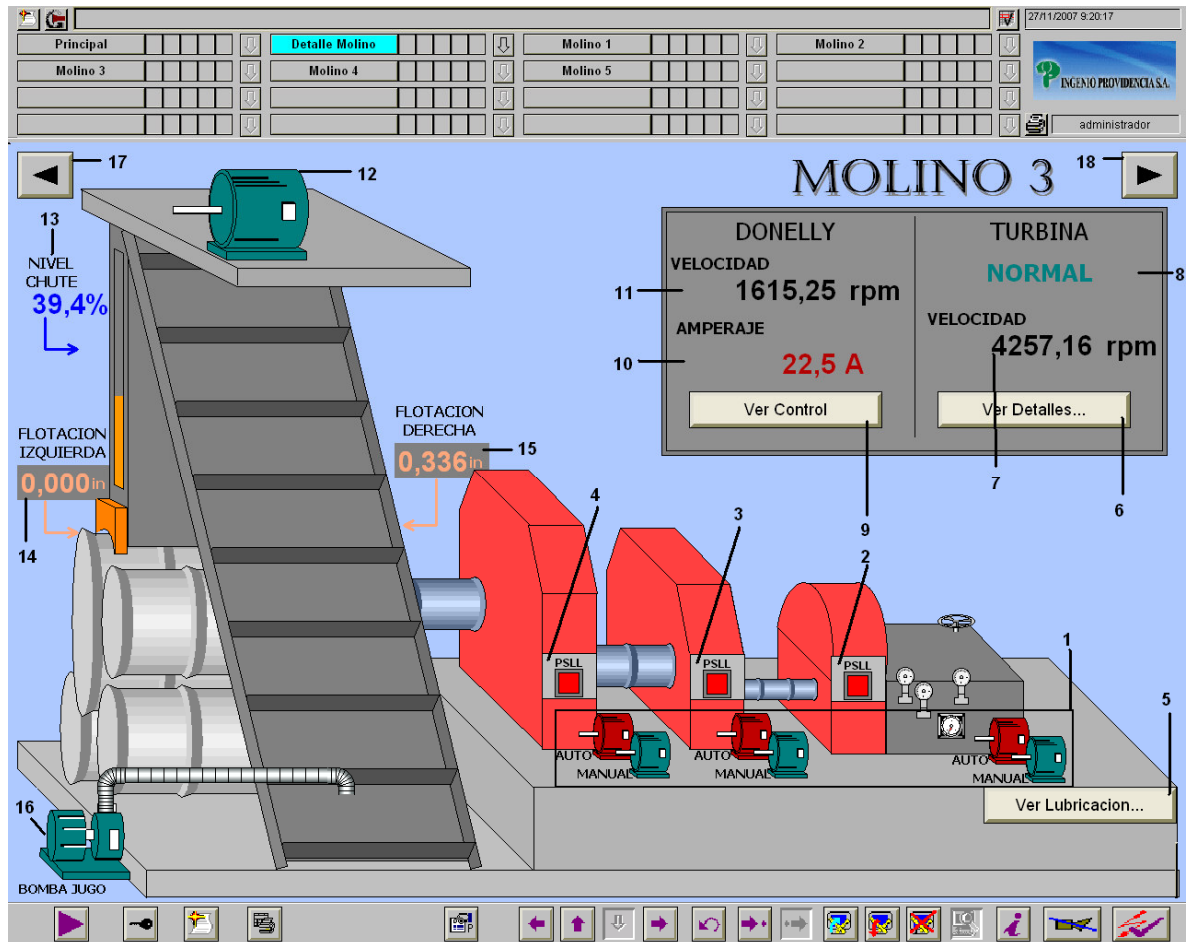
La bomba de jugo se arranca habiendo click en ella, debido a que muestra la ventana de control de motores ya mencionada anteriormente.

Los objetos que intervienen en esta pantalla son los siguientes:

1. Indicadores de estado de bombas de lubricación.
2. Swiche de muy baja presión de aceite turbina.
3. Swiche de muy baja presión de aceite reductor de alta.
4. Swiche de muy baja presión de aceite reductor intermedio.
5. Botón de lubricación.
6. Botón de detalles de turbina.
7. Velocidad de la turbina.
8. Estado de la turbina.
9. Botón de control de conductor donelly.
10. Corriente del conductor donelly.
11. Velocidad del conductor donelly.
12. Estado motor conductor.
13. Nivel del chute.
14. Flotación izquierda.
15. Flotación derecha.
16. Estado motor de bomba de jugo.
17. Botón lado izquierdo.
18. Botón lado derecho.

Pantalla molinos #3, #4 , #5, #6

Figura 14. HMI, molinos #3, #4, #5, #6.



Esta pantalla es un modelo de los molinos #3, #4, #5, #6; las pantallas son independientes, pero poseen la misma distribución y la misma cantidad de variables, debido a que estos molinos poseen la misma distribución física y funcionan igual.

Esta pantalla permite la visualización detallada de todos los datos que pertenecen a los molinos. Igualmente permite observar el estado de las bombas de lubricación, el estado de switches de presión de los reductores de velocidad, velocidad del donelly, corriente del donelly, estado de la turbina, velocidad de la turbina, flotaciones de ambos lados del molino, nivel del chute, estado de la bomba de jugo y permite efectuar el arranque del conductor donelly invocando la ventana de control de motores anteriormente explicada.

Se tiene acceso a la ventana de detalles de la turbina haciendo click en el botón ver detalles. Esta ventana posee los detalles de la turbina para que esté en buen funcionamiento.

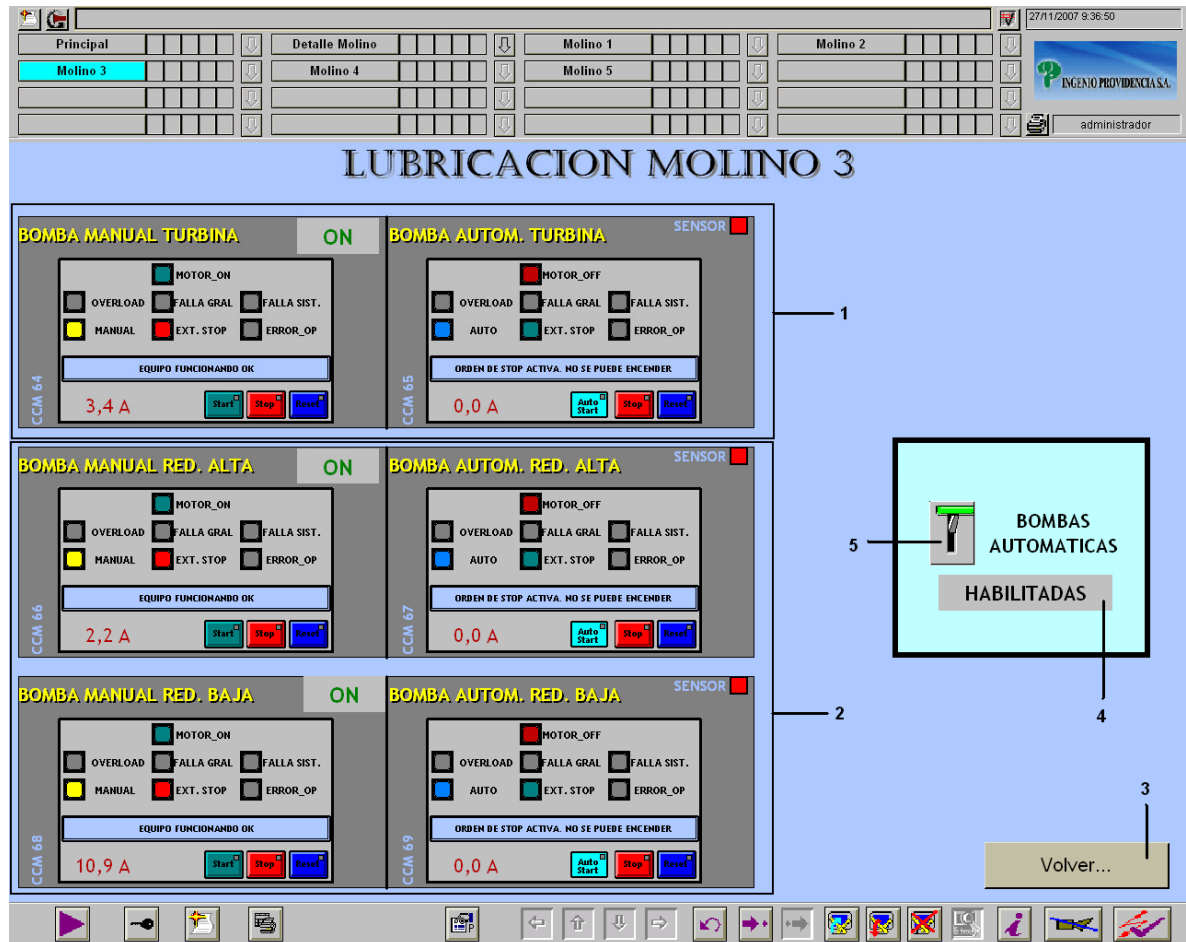
La bomba de jugo se arranca habiendo click en ella, debido a que muestra la ventana de control de motores ya mencionada anteriormente.

Los objetos que intervienen en esta pantalla son los siguientes:

1. Indicadores de estado de bombas de lubricación.
2. Swiche de muy baja presión de aceite turbina.
3. Swiche de muy baja presión de aceite reductor de alta.
4. Swiche de muy baja presión de aceite reductor de baja.
5. Botón de lubricación.
6. Botón de detalles de turbina.
7. Velocidad de la turbina.
8. Estado de la turbina.
9. Botón de control de conductor donelly.
10. Corriente del conductor donelly.
11. Velocidad del conductor donelly.
12. Estado motor conductor.
13. Nivel del chute.
14. Flotación izquierda.
15. Flotación derecha.
16. Estado motor de bomba de jugo.
17. Botón lado izquierdo.
18. Botón lado derecho.

Pantalla lubricación molinos

Figura 14. HMI, pantalla lubricación molinos.



Esta pantalla es un modelo de todas las pantallas de lubricación de los molinos. Desde esta pantalla se controla el arranque y parada de las bombas de lubricación según el molino seleccionado.

Las bombas automáticas de lubricación se activan desde esta pantalla, para que en determinado momento si la bomba manual falla o la presión de aceite cae, la bomba automática funcione hasta que la presión se normalice.

En esta pantalla se separan el control de las bombas según su ubicación, es decir, si se encuentran en las turbinas o en los reductores.

Los objetos que intervienen en esta pantalla son los siguientes:

1. Ventanas de control motores turbina: grupo de ventanas que controlan las bombas de lubricación de la turbina.
2. Ventanas de control motores reductores: grupo de ventanas que controlan las bombas de lubricación de los reductores.
3. Botón de volver a la pantalla anterior: retorna a la pantalla de detalle del molino.
4. Estado de las bombas automáticas: muestra si las bombas automáticas para el molino están habilitadas o deshabilitadas.
5. Botón en forma de palanca para activar o desactivar las bombas automáticas: activa o desactiva las bombas automáticas de lubricación del molino.

ANEXO G. Paper

DISEÑO DE INTERFAZ HOMBRE – MAQUINA PARA EL PROCESO DE MOLIENDA INGENIO PROVIDENCIA S.A.

Marco Javier Acosta Nieto

*Universidad Autónoma de Occidente
marcojan1@hotmail.com
Cali - Colombia*

Abstract: Este proyecto tiene por objeto el diseño de una Interfaz Hombre - Máquina para el proceso de molienda de la caña de azúcar en el Ingenio Providencia S.A. satisfaciendo las necesidades funcionales del proceso, en monitoreo y supervisión con el actual sistema de control, que esta empresa implementó en dicho proceso.

A partir de las necesidades y requerimientos analizados, esta interfaz se realiza siguiendo la metodología del Diseño Mecatrónico, aplicándolo principalmente para lograr un óptimo diseño de los diferentes diagramas de proceso y una amplia funcionalidad en la interacción con el usuario.

En este informe se encuentra de forma detallada cómo se realizaron las pantallas y la descripción de las herramientas computacionales que se usaron durante su elaboración, además se describe de forma general el sistema de control implementado por Ingenio Providencia S.A. para este proceso.

Keywords: HMI, PLC, Profibus, Arquitectura de control, SCADA, WinCC, SIMOCODE, Adquisición de datos, Supervisión, Monitoreo, Control.

1. INTRODUCCIÓN

El ser humano está continuamente interactuando con los objetos que le rodean, y crea expectativas sobre cómo éstos deben comportarse, basándose en pasadas experiencias con estos objetos u otros similares. Cuando los seres humanos y los computadores interactúan lo hacen a través de un medio o interfaz hombre – máquina, que se define como HMI, transmitiéndose mutuamente información, órdenes y datos.

Por otro lado, la interfaz puede también limitar la comunicación en muchos casos, ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá fuera de esta relación mutua. Es así como en muchos casos la interfaz se convierte en una barrera, debido a un pobre diseño y a una escasa atención a los detalles de la tarea a realizar; además un buen programa con una pobre interfaz tendrá una mala imagen y al contrario, una buena interfaz puede realzar un programa poco funcional.

A nivel industrial una HMI es el medio de contacto entre el usuario y un proceso determinado, convirtiéndose así en una herramienta muy importante para la supervisión y monitoreo del proceso. Las HMI en la industria se pueden encontrar de varias formas, ya sea en un Panel de Operación o en un computador en el cual se ha diseñado un modelo gráfico del proceso, que le permite al usuario estar enterado del comportamiento de las variables de proceso y de los diferentes datos que el mismo ofrece.

2. PROCESO DE MOLIENDA

Después que las varas de caña han pasado por las picadoras, que son las encargadas de cortarlas en trozos más pequeños, después pasan por la desfibradora, que se encarga de triturar las pequeñas varas de caña hasta el punto de obtener un material fibroso que contiene la mezcla de la pulpa, cáscara y jugo de caña; con este material el proceso de molienda inicia al hacerlo pasar secuencialmente por seis molinos que lo comprimen constantemente, haciendo que el jugo salga del material y sea enviado a los demás procesos de filtrado y elaboración del azúcar, además, el material sobrante, llamado bagazo, es llevado por unos conductores hacia las calderas, en donde es usado como combustible

3. PLANTEAMIENTO Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En Ingenio Providencia S.A. para el proceso de molienda, se cambió el sistema de control distribuido a un sistema de control centralizado con periferia descentralizada; el antiguo sistema de control utilizaba la tecnología S5 de Siemens en sus CPU de procesamiento, como CPU principal se usaba un PLC S5-115 y como PLC esclavos se usaban cuatro PLC S5-95U, véase Figura 1.

El nuevo sistema de control usa la tecnología S7 de Siemens, la cual es de última tecnología y ofrece más servicios de control al proceso, el PLC usado en esta arquitectura, es el S7-417, el cual se encarga de controlar todo el proceso de molienda, véase Figura 2.

A razón de este cambio de arquitectura de control, se necesita diseñar una interfaz hombre – máquina que se enlace y adecue al nuevo sistema implementado para el proceso; la interfaz diseñada debe ser capaz de asumir las tareas de la antigua HMI usada, la cual consta de un panel de operación marca Siemens, una consola (botonera) y un PC de supervisión que posee un software llamado IFIX, el cual lleva varios años funcionando en la empresa en todos los procesos que intervienen para la producción del azúcar.

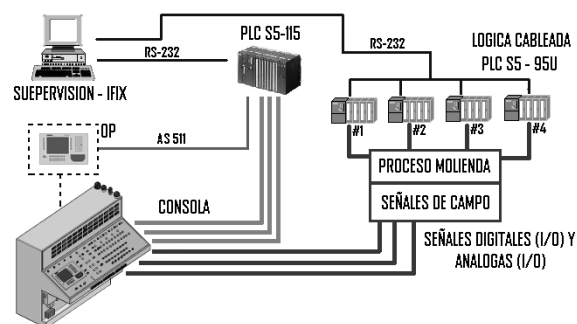


Fig. 1. Arquitectura de control. Tecnología S5.

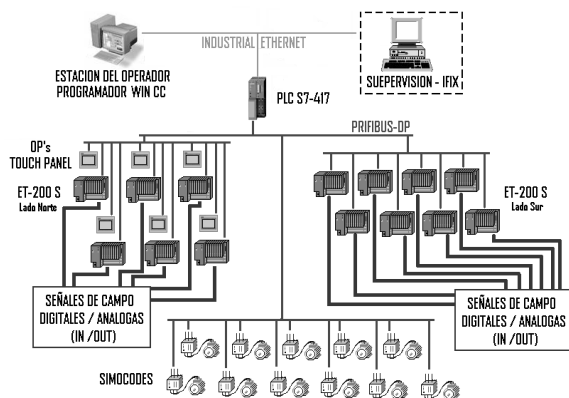


Fig. 2. Arquitectura de Control. Tecnología S7.

La nueva interfaz debe diseñarse en un software llamado WinCC que la empresa adquirió con Siemens, este software ofrece todas las herramientas necesarias para diseñar la HMI, permitiendo dibujar el proceso en una plantilla y enlazar las variables de proceso con el sistema.

La interfaz diseñada debe ser flexible para futuros cambios, debe ser segura para proteger el proceso de errores de operación y debe brindar al usuario un entorno gráfico amigable para una buena comprensión e interpretación.

3.1. Metodología.

La metodología aplicada para el diseño de la interfaz se basa en el estándar del Diseño Mecatrónico, en donde se parte del análisis de las necesidades y requerimientos del problema, para así poder descomponerlo de manera funcional (Figura 3.) y realizar un análisis interno del mismo, creando varias soluciones o conceptos para escoger la que cumple de manera más satisfactoria con las necesidades iniciales del proyecto.

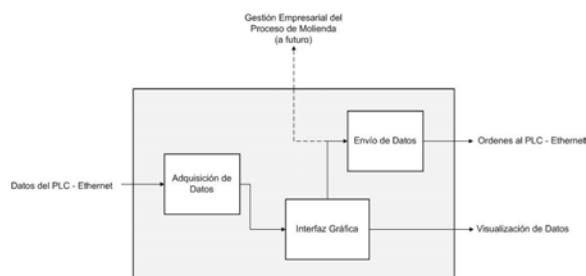


Fig. 3. Descomposición funcional del problema.

Para este proyecto se realizó la selección de conceptos entre tres posibles soluciones, el concepto que satisface las necesidades iniciales, ofrece el diseño de una pantalla principal que contiene gráficamente el diagrama de proceso, mostrando los valores necesarios para realizar una supervisión a primera vista; además posee una barra de visualización de las alarmas que siempre permanece visible sin importar que pantalla se esté observando en un momento determinado; la pantalla principal se enlaza con siete pantallas secundarias, una es la pantalla de históricos y las otras seis son para cada molino, estas pantallas poseen enlaces entre sí, además poseen vínculos a ventanas de visualización de detalles y de control específicos, enlazándose también con las pantallas de lubricación, véase Figura 4.

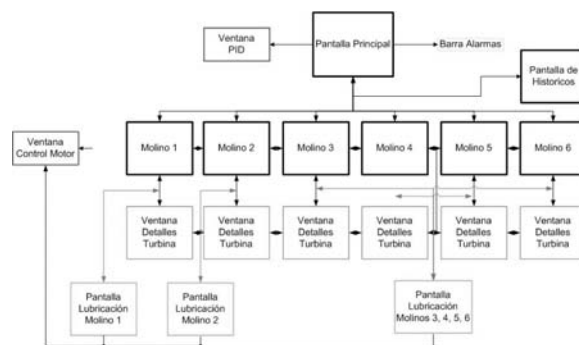


Fig. 4. Concepto seleccionado.

Dentro de la metodología del Diseño Mecatrónico se tiene en cuenta la arquitectura del producto, el cual en este caso es la HMI diseñada; la arquitectura de un producto hace referencia al arreglo funcional de elementos en conjuntos físicos que constituyen la composición del producto, es decir, la manera en que se encuentran organizados o dispuestos su correspondiente función y o correlación con otros elementos y funciones.

La arquitectura empleada para la HMI, es una arquitectura de tipo modular, ya que cada elemento físico posee una sola función específica de la HMI, pero se encuentran integrados en un solo sistema, véase Tabla 1.

Tabla 1. ELEMENTOS FÍSICOS Y SUS FUNCIONES

ELEMENTO FÍSICO	FUNCIÓN
PC	Visualizar la Interfaz Gráfica
Tarjeta CP SIEMENS	Transferir el Programa al PLC
Tarjeta de red Integrada	Adquisición y Envío de Datos con el PLC

Los elementos físicos que anteriormente se mencionan, interactúan entre sí de la siguiente manera, véase Figura 5.

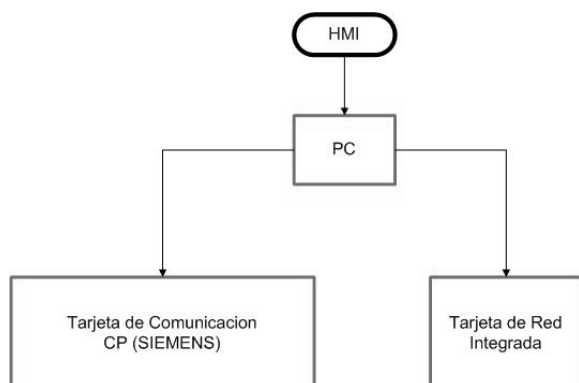


Fig. 5. Interacción entre los elementos físicos.

En el diseño industrial se le da relevancia a las necesidades relacionadas con la ergonomía y la estética del producto, ya que al analizar sólo estas necesidades se logran resaltar aspectos como la facilidad de uso, calidad de interfaz, apariencia física, seguridad, facilidad de mantenimiento, etc. que son fundamentales para el alcance de uno de los objetivos esenciales de este proyecto; después de analizar estos factores, se identifica la naturaleza del producto, la cual indica si éste se clasifica como un producto con tendencia tecnológica o al usuario; como el producto diseñado es una HMI, además de tener en cuenta su importancia funcional con el proceso supervisado, también se debe tener en cuenta su relación con el usuario, por lo tanto la naturaleza de la HMI tiende hacia el usuario porque éste es el que interactúa

directamente con ella y necesita que la interfaz sea de su plena comprensión.

3.2. Diseño de las pantallas.

El diseño de las pantallas se realizó respetando el orden de funcionamiento de los dispositivos que intervienen en el proceso y la forma del mismo, asegurando con esto, una alta comprensión por parte del usuario, facilitando la supervisión del proceso de molienda.

Se usaron las herramientas necesarias que ofrece WinCC para el diseño de la HMI, destacando la satisfacción de los requerimientos y necesidades del proyecto.

La HMI diseñada posee una pantalla principal en donde se muestra todo el proceso de molienda de manera gráfica, con la visualización de sus respectivos datos, véase Figura 6.

Los datos que se visualizan en la pantalla principal son los necesarios para hacer una visualización rápida, pero segura.

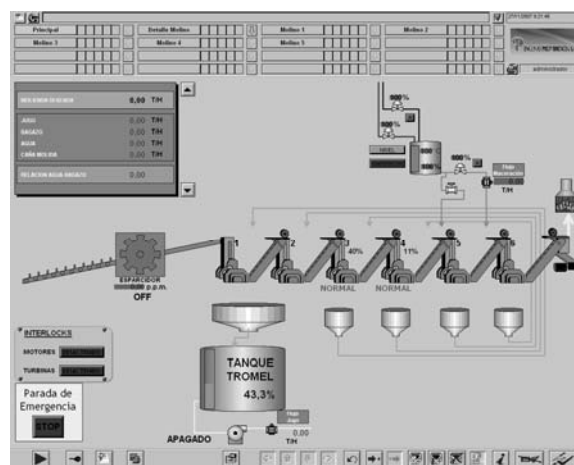


Fig. .6 HMI, Pantalla principal.

Desde esta pantalla se tiene acceso a las demás pantallas de detalles de molinos; estas pantallas se encargan de mostrar un información más afondo de cada molino, teniendo en cuenta todos los datos de los cuales dependen para su buen funcionamiento, véase Figura 7.

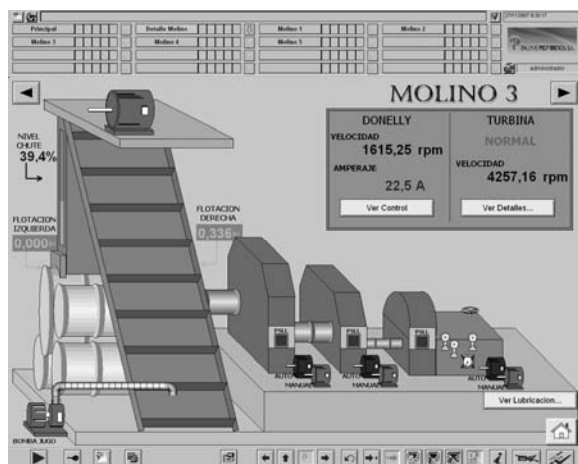


Fig. .7 HMI, Pantalla de detalles para cada molino.

Además de las pantallas que muestran la forma del proceso, se diseñaron ventanas en donde se visualizan los parámetros de un controlador PID (Figura 8), el cual se usa para controlar el nivel de agua de maceración y el nivel del tanque tromel.

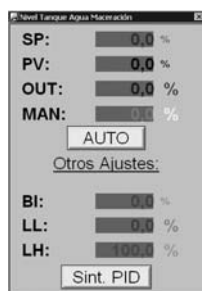


Fig. .8 HMI, Ventana de controlador PID.

En el diseño de las pantallas también se creó una ventana de control de motores, la cual se encarga de controlar el arranque y parada de los motores, también se usa para visualizar datos de fallas y de estado que envía el simocode, véase Figura 9.

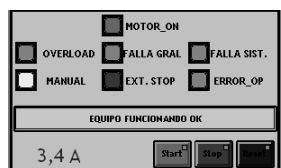


Fig. .9 HMI, Ventana de control de motores.

4. CONCLUSIONES

- Las interfaces diseñadas cumplen gráficamente con la forma del proceso de molienda, ya que las pantallas dibujadas siguen con el orden de funcionamiento de los dispositivos en el proceso y guiaran de manera clara al usuario en el momento de ser aplicadas.
- La modalidad de programación de las alarmas de proceso usando las herramientas que ofrece WinCC que permite un reconocimiento rápido y una descripción de la alarma dando al operario la posibilidad de actuar debidamente en bien del proceso en el caso de presentarse una falla.
- El diseño de gráficos amigables y de múltiples pantallas para la visualización de los datos estrictamente necesarios para la supervisión, facilita el monitoreo por parte del usuario.
- El diseño de la HMI es flexible para futuros cambios que el administrador desee realizar, ya que todo el proceso de diseño y sus resultados son de pleno conocimiento del personal de automatización autorizado para la modificación y adecuaciones que se deseen realizar a futuro.
- La utilización del sistema de colores creado, facilita la identificación de los diferentes datos que brinda la HMI, en el momento que el operario realice la supervisión del proceso.
- El uso de control de privilegios de administrador y usuario, permite proteger la HMI de cambios por parte de personal no autorizado y así disminuir la posibilidad de cometer errores de operación.
- Se logró realizar una comunicación inicial entre la HMI y el PLC, obteniendo el reconocimiento de los dispositivos que se encuentran bajo el protocolo PROFIBUS-DP y de algunas señales, pero es necesario que el sistema de control se encuentre plenamente terminado para realizar un enlace total con la HMI.
- En el momento de implementar completamente la HMI, el cuarto de control de molinos será más amplio, brindando comodidad para el operario y el personal que transita en el lugar.

- La arquitectura interna de la HMI podrá ser modificada en el caso de presentarse una actualización en el sistema de control, teniendo en cuenta que Ingenio Providencia tiende a mejorar sus procesos con la implementación de nuevos controles y nueva tecnología.
- El sistema de control implementado con la tecnología S7 de Siemens trae entre sus ventajas al proceso de molienda la seguridad, debido a que la manera de transferir y adquirir datos se realiza por comunicación Profibus, disminuyendo notablemente la posibilidad de producir una falla por mala conexión, como se presentaba en el antiguo sistema de control en donde la cantidad de cable usado para direccionar las señales de proceso hasta el cuarto de control de molinos era aproximadamente diez veces mayor al sistema actual.
- Se logró cumplir el objetivo general del proyecto, porque la propuesta de diseño de la HMI fue satisfactoria para el proceso de molienda y su implementación se realizará en dos pasos para no generar un cambio tan brusco en la manera de realizar supervisión. La consola, la OP y el IFIX seguirán funcionando hasta que la HMI se implemente totalmente; para realizar este procedimiento habría que tomarse un tiempo prudente para no llegar a interferir con el funcionamiento continuo del proceso y lograr acostumbrar poco a poco a los operarios al nuevo sistema.

ENTREVISTA con Gustavo Urrego Bonilla, Analista Supervisor Fábrica. Santiago de Cali, 15 agosto de 2007

GARCÍA MORENO, Emilio. Automatización de Procesos Industriales. Valencia. Alfaomega. 377 p.

Manuales WinCC y HMI, Siemens. Internet: <http://www.siemens.com/>

ULRICH, Karl T. Diseño y Desarrollo de Productos: Multidisciplinario. 3 ed. McGraw-Hill.

VILLOTA CARVAJAL, Jairo Jeovany. Rediseño HMI de Display para plantas de pulpa y calderas de Propal. 2006. Pasantía (Ingeniero Mecatrónico). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

REFERENCIAS

BOTERO NARVÁEZ, Juan Carlos. Diseño e Implementación de un Sistema SCADA para las plantas didácticas PS-2170 PS – 2160. 2006. Pasantía (Ingeniero Mecatrónico). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Sevilla.

Internet:

<http://www.lsi.us.es/docencia/asignaturas/dihm.html>